Regione Lombardia

Decreto 11 giugno 2009, n. 5796

Bollettino Ufficiale Regionale 22 giugno 2009, n. 25 - Supplemento Straordinario 26 giugno 2009, n. n. 4

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici.

Preambolo

[Preambolo]

IL DIRETTORE GENERALE

Premesso:

- che con d.g.r. 5018 del 26 giugno 2007 sono state approvate le "Disposizioni inerenti all'efficienza energetica in edilizia", con inclusa la disciplina per certificare il fabbisogno energetico degli edifici;

- che tali disposizioni sono state aggiornate con d.g.r. 5773 del 31 ottobre 2007, dando atto che la procedura di calcolo, descritta nell'allegato E della d.g.r. 5018/2007, sarebbe stata aggiornata con decreto del dirigente competente poiché riguardava prescrizioni tecniche che non attenevano alla competenza della Giunta;

- che con decreto dirigenziale n. 15833 del 13 dicembre 2007 si è provveduto ad aggiornare il suddetto "allegato E", relativo alla procedura di calcolo;

- che con d.g.r. 8745 del 22 dicembre 2008 si è provveduto ad aggiornare le disposizioni per l'efficienza energetica in edilizia, senza intervenire sull'allegato E, il cui testo restava conforme alla versione approvata con il decreto 15833/2007, sopra citato;

- che le Disposizioni approvate con le suddette deliberazioni confermano sempre l'attribuzione all'Organismo Regionale di Accreditamento, identificato prima nella società a partecipazione maggioritaria regionale "Punti Energia s.c.a.r.l." ed ora in CE-STEC S.p.A., numerose funzioni, con incluso l'"aggiornamento della procedura di calcolo per determinare i requisiti di prestazione energetica degli edifici e della modulistica da utilizzare nell'ambito delle procedure per la certificazione";

Rilevato:

- che l'Organismo Regionale di Accreditamento ritiene necessario apportare ulteriori modifiche alla procedura e che, a tal fine, ha predisposto l'allegato documento;

- che la d.g.r. 8745 del 22 dicembre 2008, prevede che il nuovo modello di attestato di certificazione energetica, indicato nell'allegato C delle "Disposizioni" allegate alla medesima deliberazione, debba essere utilizzato a partire dalla data di entrata in vigore della nuova procedura di calcolo;

Dato atto che la procedura proposta prevede che:

- il certificatore verifichi, attraverso uno o più sopralluoghi, la congruenza fra i dati mutuati dalla documentazione fornita dal Direttore dei lavori e lo stato di fatto dell'edificio, conservando per cinque anni la documentazione acquisita ed utilizzata per il calcolo degli indici di prestazione energetica;

- l'analisi delle prestazioni energetiche venga condotta per subalterni, in modo da disporre di dati disaggregati per ogni unità immobiliare, anche in presenza di attestati di certificazione energetica riferiti a più subalterni;

Considerato che le modifiche procedurali di cui sopra facilitano la realizzazione di eventuali controlli sugli attestati di certificazione, nonché l'aggiornamento del singolo attestato, nel caso in cui vengano modificate le prestazioni energetiche di una singola unità immobiliare;

Considerata altresì l'opportunità di rendere nota la nuova procedura di calcolo con un discreto anticipo rispetto alla sua entrata in vigore, in modo da dar tempo a tutti i soggetti potenzialmente interessati di approfondire le nuove modalità di calcolo e di segnalare eventuali criticità;

Ritenuto che il rinvio dell'entrata in vigore al 7 settembre 2009 sia congruo con l'opportunità di cui sopra;

Vista la l.r. 20/2008 e successive modifiche ed integrazioni, nonché i provvedimenti organizzativi dell'VIII legislatura;

DECRETA

Articolo unico

[Emanazione]

1. di aggiornare la procedura di calcolo per predisporre l'attestato di certificazione energetica di cui in premessa, approvando il documento allegato al presente provvedimento in sostituzione dell'allegato E del decreto n. 15833 del 13 dicembre 2007;

2. di dare atto che la nuova procedura di calcolo, allegata al presente provvedimento quale parte integrante e sostanziale, entrerà in vigore lunedì 7 settembre 2009; (1)

3. di dare atto che, contestualmente all'entrata in vigore della suddetta procedura di calcolo, entrerà in vigore anche il nuovo modello di attestato di certificazione energetica, indicato come allegato C nelle "Disposizioni" di cui alla d.g.r. 8745/2008;

4. di disporre il presente provvedimento sul Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia.

---

(1) La data per l'entrata in vigore della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici come prevista nel presente comma, è stata differita dal 7 settembre 2009 al 26 ottobre 2009, in virtù di quanto stabilito dal D.d.g. 12.08.2009, n. 8420 (B.U.R. 24.08.2009, n. 34).

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1

Sommario

E.1 FINALITA

E.2 COMPITI DEL SOGGETTO CERTIFICATORE

E.3 GENERALITA

E.4 DEFINIZIONI

E.5 RIFERIMENTI NORMATIVI

E.6 FABBISOGNO DI ENERGIA TERMICA DELL'INVOLUCRO

E.6.1 Le zone termiche

E.6.2 Fabbisogno annuale di energia termica dell'edificio

E.6.3 Fabbisogno di energia termica della zona

E.6.3.1 Fabbisogno di energia termica sensibile per il riscaldamento o la climatizzazione invernale

E.6.3.2 Fabbisogno di energia termica latente per la climatizzazione invernale

E.6.3.3 Fabbisogno di energia termica sensibile per il raffrescamento o la climatizzazione estiva

E.6.3.4 Fabbisogno di energia termica latente per la climatizzazione estiva

E.6.3.5 Energia scambiata per trasmissione e ventilazione

E.6.3.6 Apporti mensili di calore gratuiti

E.6.3.7 Energia scambiata per trasmissione

E.6.3.7.1 Valori medi mensili della temperatura media giornaliera dell'aria esterna

E.6.3.7.2 Coefficiente di scambio termico per trasmissione

E.6.3.7.3 Trasmittanze termica di componenti particolari

E.6.3.8 Energia scambiata per ventilazione, aerazione e infiltrazione

E.6.3.8.1 Coefficiente di scambio termico di riferimento e di scambio termico corretto per ventilazione, aerazione e infiltrazione

E.6.3.8.2 Portata di ventilazione media giornaliera

E.6.3.8.3 Fattore di correzione bv,k

E.6.3.9 Apporti di calore dovuti ad apparecchiature elettriche e persone

E.6.3.10 Apporti solari attraverso le strutture trasparenti esterne

E.6.3.10.1 Calcolo della trasmittanza di energia solare totale, diretta e diffusa, in presenza di sistemi schermanti

E.6.3.10.2 Trasmittanza, riflettanza e assorbanza solari delle schermature

E.6.3.11 Apporti solari mensili attraverso le strutture opache esterne

E.6.3.12 Spazi soleggiati

E.6.3.12.1 Fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti per il riscaldamento o la climatizzazione invernale

E.6.3.12.2 Fattore di utilizzazione delle perdite per il raffrescamento o la climatizzazione estiva

E.6.3.13 Entalpia del vapore d'acqua prodotto e immesso nella zona

E.7 FABBISOGNO ANNUALE DI ENERGIA PRIMARIA DELL'EDIFICIO

E.7.1 Fabbisogno annuale di energia primaria

E.7.2 Ripartizione del fabbisogno di energia primaria tra le diverse funzioni

E.7.2.1 Generazione termica separata per i diversi servizi

E.7.2.2 Energia elettrica autoprodotta ed esportata

E.7.3 Schematizzazione del generico sottosistema impiantistico

E.7.4 Perdite recuperabili e fabbisogno termico netto

E.7.5 Ripartizione delle potenze termiche/elettriche ed assorbimenti elettrici da considerare nel calcolo

E.7.6 Efficienza energetica dell'edificio e dell'impianto termico

E.7.6.1 Efficienza globale media annuale dell'edificio

E.7.6.2 Efficienza globale media annuale per il riscaldamento o la climatizzazione invernale

E.7.6.3 Efficienza globale media annuale per il raffrescamento o climatizzazione estiva

E.7.6.4 Efficienza globale media annuale per la produzione di acqua calda ad uso sanitario

E.7.6.5 Efficienza globale media annuale per l' illuminazione

E.7.6.6 Efficienza di produzione media annuale per il riscaldamento o la climatizzazione invernale

E.7.6.7 Efficienza di produzione media annuale per il servizio raffrescamento o climatizzazione estiva

E.7.6.8 Efficienza di produzione media annuale per il servizio acqua calda sanitaria

E.7.6.9 Efficienza di produzione media annuale per l'autoproduzione di energia elettrica

E.8 PRODUZIONE ACS: ENERGIA TERMICA RICHIESTA AL SISTEMA DI GENERAZIONE ED ENERGIA ELETTRICA ASSORBITA DAGLI AUSILIARI, ENERGIA COMPLESSIVAMENTE RICHIESTA IN GENERAZIONE SEPARATA

E.8.1 Fabbisogno termico annuale per la produzione di acqua calda sanitaria

E.8.2 Fabbisogno termico mensile per la produzione di acqua calda sanitaria

E.8.3 Fabbisogno termico di energia primaria per la produzione di acqua calda ad usi sanitari

E.8.3.1 Bilancio energetico del sottosistema di erogazione

E.8.3.2 Bilancio energetico del sottosistema di distribuzione

E.8.3.2.1 Determinazione della temperatura media dell'ambiente in cui sono installate le tubazioni

E.8.3.3 Bilancio energetico del sottosistema di accumulo, non integrato con il generatore

E.8.3.4 Bilancio energetico del sottosistema di generazione

E.8.3.5 Energia richiesta dal servizio acqua calda sanitaria

E.8.3.6 Perdite termiche recuperate dal sistema di produzione acqua calda sanitaria

E.9 RISCALDAMENTO INVERNALE: ENERGIA TERMICA RICHIESTA AL SISTEMA DI GENERAZIONE E ENERGIA ELETTRICA ASSORBITA DAGLI AUSILIARI

E.9.1 Energia termica richiesta al servizio di riscaldamento o climatizzazione invernale

E.9.2 Bilancio energetico del generico sottosistema di emissione - impianto di riscaldamento

E.9.2.1 Emettitori alimentati elettricamente

E.9.3 Bilancio energetico del generico sottosistema di distribuzione - impianto di riscaldamento

E.9.4 Bilancio energetico generico del sottosistema di accumulo - impianto di riscaldamento

E.9.5 Sistema impiantistico dedicato alla ventilazione meccanica

E.9.5.1 Energia termica richiesta al sottosistema di ventilazione

E.9.5.2 Energia termica richiesta al sottosistema di distribuzione aria

E.9.5.3 Energia termica richiesta al sottosistema di trattamento aria

E.9.5.4 Energia termica richiesta al sottosistema di distribuzione del fluido termovettore

E.9.6 Energia termica richiesta al sottosistema di generazione

E.9.6.1 Generazione termica integrata

E.9.6.2 Generazione termica separata

E.9.6.3 Suddivisione della richiesta termica tra più generatori

E.9.7 Energia elettrica richiesta dagli ausiliari

E.9.8 Bilancio energetico per generatori di calore

E.9.8.1 Generatori tradizionali

E.9.8.2 Generatori multistadio o modulanti

E.9.8.3 Generatori a condensazione

E.9.8.4 Generatori a condensazione multistadio o modulanti

E.9.8.5 Generatori a combustione di biomassa

E.9.8.6 Generatori ad aria calda

E.9.9 Bilancio energetico per sistemi di cogenerazione

E.9.10 Bilancio energetico per sistemi di teleriscaldamento

E.9.11 Bilancio energetico per pompe di calore elettriche e ad assorbimento

E.9.12 Energia richiesta dai sottosistemi di generazione di energia termica

E.10 CONTRIBUTI DOVUTI ALLE FONTI ENERGETICHE RINNOVABILI

E.10.1 Solare termico ad integrazione del riscaldamento ambienti e/o produzione di ACS

E.10.1.1 Energia prodotta dall'impianto solare termico

E.10.1.2 Contributo energetico dovuto agli impianti solari termici

E.10.1.3 Determinazione del coefficiente X

E.10.1.3.1 Calcolo del coefficiente di perdita di energia del circuito del collettore

E.10.1.3.2 Calcolo del coefficiente di correzione della capacità di accumulo

E.10.1.3.3 Determinazione della temperatura di riferimento ?ST,r

E.10.1.4 Determinazione del coefficiente Y

E.10.1.5 Consumo di energia elettrica dei componenti ausiliari di un impianto solare termico

E.10.1.6 Perdite dell'accumulo

E.10.1.7 Perdite di distribuzione tra l'impianto di riscaldamento ad energia solare ed il riscaldatore ausiliario

E.10.1.8 Solare fotovoltaico

E.11 FABBISOGNO DI ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONE

E.11.1 Introduzione

E.11.1.1 Fabbisogno annuale di energia elettrica per illuminazione artificiale di una zona termica

E.11.1.2 Calcolo del fattore FD,C

E.11.1.2.1 Calcolo del fattore di disponibilità di luce naturale, FD,S

E.11.1.2.2 Calcolo del fattore FD,C

E.11.1.2.3 Calcolo del fattore di ridistribuzione mensile CD,S

E.11.1.3 Calcolo del fattore di occupazione Fo

E.12 EMISSIONI DI GAS AD EFFETTO SERRA

ALLEGATO 1

APPENDICE A

APPENDICE B

APPENDICE C

APPENDICE D

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/1

E.1 Finalità

PRESTAZIONE ENERGETICA DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO

Procedura di calcolo

E.1 FINALITA'

Il presente documento definisce le modalità di calcolo atte a determinare la prestazione energetica del sistema edificio-impianto al fine di effettuare le verifiche previste dalla Delibera della Giunta Regionale 8/5018 e s.m.i. e il calcolo degli indici di prestazione energetica riportati nell'attestato di certificazione energetica.

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/2

E.2 Compiti del soggetto certificatore

E.2 COMPITI DEL SOGGETTO CERTIFICATORE

In presenza dell'asseverazione del Direttore Lavori circa la conformità delle opere realizzate rispetto al progetto e alle sue varianti, compreso quanto dichiarato nella relazione tecnica di cui alla Legge 10/91 art. 28 e i suoi aggiornamenti, il Soggetto certificatore, al fine di compilare l'attestato di certificazione energetica, può utilizzare i dati contenuti in tali documenti.

E' fatto obbligo al Soggetto certificatore verificare, attraverso uno o più sopralluoghi, la congruenza tra i dati mutuati dalla documentazione di cui sopra e lo stato di fatto dell'edificio. A tale scopo non sono richieste al Soggetto certificatore verifiche di tipo invasivo.

E' dunque posta in carico al Soggetto certificatore la responsabilità di produrre un attestato di certificazione energetica corrispondente allo stato di fatto dell'edificio oggetto di certificazione.

Al fine di favorire l'integrazione tra catasto energetico "CENED" e catasto fabbricati e verificare la congruità dei dati in essi depositati, è fatto obbligo per il Soggetto certificatore specificare, in fase di registrazione dell'attestato di certificazione energetica, l'effettiva destinazione d'uso dell'edificio in funzione di quanto indicato all'art.3 del Decreto del Presidente della Repubblica 412/93 e la rispettiva categoria catastale. Nell'Allegato 1 si riporta la tabella delle corrispondenze tra categoria catastale e destinazione d'uso.

Il Soggetto certificatore è tenuto a conservare, per i 5 anni successivi la registrazione dell'attestato nel catasto energetico, tutta la documentazione acquisita ed utilizzata al fine del calcolo degli indici di prestazione energetica.

A solo titolo di esempio, si cita:

- copia del libretto di impianto o di centrale;

- copia della prova di combustione;

- copia del libretto di uso e manutenzione del generatore di calore;

- relazione tecnica di cui all'art. 28, Legge n. 10 del 9 gennaio 1991;

- planimetrie e visure catastali;

- documentazione progettuale;

- documentazione fotografica.

Il Soggetto certificatore è tenuto inoltre a conservare copia dell'attestato di certificazione energetica, debitamente timbrato per accettazione dal Comune.

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/3

E.3 Generalità

E.3 GENERALITA'

Il calcolo delle prestazioni energetiche dell'edificio deve essere eseguito per singolo subalterno, fatta salva la possibilità, di cui al punto 10.2 della Delibera della Giunta Regionale 8/8745, di redigere un attestato di certificazione energetica riferito anche a più unità immobiliari facenti parte di un medesimo edificio.

Ai soli fini dell'applicazione della presente procedura di calcolo, si considerano riscaldati o mantenuti a temperatura controllata anche:

a) gli ambienti privi del sottosistema di emissione, qualora la somma dei loro volumi, riferiti all'unità immobiliare, risulti inferiore del 10% rispetto al volume complessivo della medesima unità;

b) gli ambienti privi del sottosistema di emissione se collegati in modo permanente ad ambienti riscaldati o mantenuti a temperatura controllata mediante sistemi progettati all'uopo.

Ai fini della presente procedura di calcolo si considera inoltre quanto segue:

- i fabbisogni energetici dell'involucro sono riferiti al funzionamento continuo, cioè al mantenimento di una temperatura interna di ogni singola zona costante nelle 24 ore; si assumono pure costanti sulle 24 ore il livello di occupazione, gli apporti interni e i ricambi d'aria.

Riscaldamento

- per tutti gli edifici o parti di edificio, ad esclusione di quelli/quelle appartenenti alle categorie E.6(1), E.6(2) ed E.8, si assume una temperatura interna costante pari a 20°C;

- per gli edifici o parti di edificio di categoria E.6(1) si assume una temperatura interna costante pari a 28°C;

- per gli edifici o parti di edificio di categoria E.6(2) ed E.8 si assume una temperatura interna costante pari a 18°C. Climatizzazione invernale

- si assumono le temperature interne definite per il solo riscaldamento;

- per tutti gli edifici o parti di edificio ad esclusione di quelli/quelle appartenenti alla categoria E.6(1), si assume una umidità relativa dell'aria interna costante e pari al 50%;

- per gli edifici o parti di edificio di categoria E.6(1) si assume una umidità relativa dell'aria interna costante pari al 90%.

Raffrescamento

- per tutti gli edifici o parti di edificio, ad esclusione di quelli appartenenti alle categorie E.6(1) ed E.6(2), si

assume una temperatura interna costante pari a 26°C;

- per gli edifici o parti di edificio di categoria E.6(1) si assume una temperatura interna costante pari a 28°C;

- per gli edifici o parti di edificio di categoria E.6(2) si assume una temperatura interna costante pari a 24°C.
Climatizzazione estiva

- si assumono le temperature interne definite per il solo raffrescamento;

- per tutti gli edifici o parti di edificio ad esclusione di quelli/quelle appartenenti alla categoria E.6(1), si assume una umidità relativa dell'aria interna costante e pari al 50%;

- per gli edifici o parti di edificio di categoria E.6(1) si assume una umidità relativa dell'aria interna costante pari al 90%.

Il fabbisogno di energia termica dell'involucro per il riscaldamento o la climatizzazione invernale, QNH, viene calcolato su base mensile considerando il periodo di calcolo indicato nel Prospetto I in funzione della zona climatica.

Zona climatica	Periodo di calcolo
Zona D	1 novembre - 30 aprile
Zone E	1 ottobre - 30 aprile
Zone F	1 ottobre - 30 aprile

Prospetto I - Periodo di calcolo in funzione della zona climatica

Il fabbisogno di energia termica dell'involucro per il raffrescamento o la climatizzazione estiva, QNC, i cui limiti sono definiti dal valore positivo del fabbisogno, viene calcolato su base mensile. Il calcolo si effettua per tutti i mesi dell'anno, in particolare per le zone termiche interne di edifici commerciali nelle quali si può avere un carico termico per raffrescamento anche nel periodo invernale. Il fabbisogno di energia primaria per i vari servizi presenti nell'edificio (riscaldamento ovvero climatizzazione invernale, raffrescamento ovvero climatizzazione estiva, produzione di acqua calda sanitaria, autoproduzione di energia elettrica, illuminazione artificiale) viene calcolato su base mensile, salvo nei casi ove diversamente specificato.

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/4

E.4 Definizioni

E.4 DEFINIZIONI

Ai fini dell'applicazione della procedura di calcolo di seguito descritta occorre fare riferimento alle definizioni riportate nella Delibera della Giunta Regionale 8/5018 e s.m.i. Si riportano di seguito ulteriori definizioni ai soli fini dell'applicazione della presente procedura di calcolo.

Edificio di nuova costruzione: anche in deroga alla definizione di cui al punto 2 lettera r) della Delibera della Giunta Regionale 8/8745 si definisce edificio di nuova costruzione un edificio per il quale la richiesta di permesso di costruire o denuncia di inizio attività per interventi di nuova costruzione e/o demolizione e ricostruzione in ristrutturazione sia stata presentata successivamente all'entrata in vigore della presente procedura di calcolo. (1)

Edificio esistente: edificio per il quale la richiesta di permesso di costruire o denuncia di inizio attività sia stata presentata precedentemente all'entrata in vigore della presente procedura di calcolo. (1)

Impianto termico dell'edificio: anche in deroga alla definizione di cui al punto 2 lettera ee) della Delibera della Giunta Regionale 8/8745 si definisce impianto termico dell'edificio l'insieme dei sistemi impiantistici predisposti al soddisfacimento dei servizi di riscaldamento ovvero di climatizzazione invernale, di raffrescamento ovvero di climatizzazione estiva, di produzione di acqua calda sanitaria, di eventuale autoproduzione combinata di energia elettrica insieme con energia termica per il riscaldamento e/o raffrescamento (ovvero climatizzazione invernale e/o estiva) dell'edificio, ventilazione meccanica con trattamento dell'aria.

Sistema di generazione: sistema preposto alla conversione in energia termica di altre forme di energia (chimica del combustibile, elettrica, ecc.), nella quota richiesta dal o dai diversi sistemi impiantistici ad esso connessi. Può essere costituito da uno o più generatori termici, anche di diversa tipologia e impieganti vettori energetici diversi, operanti in modo differenziato a secondo delle logiche di gestione adottate.

Sistema impiantistico: insieme dei sottosistemi impiantistici predisposti al soddisfacimento di uno dei seguenti servizi: riscaldamento ovvero climatizzazione invernale, raffrescamento ovvero climatizzazione estiva, produzione di acqua calda sanitaria, eventuale autoproduzione combinata di energia elettrica insieme con energia termica per il riscaldamento e/o raffrescamento (ovvero climatizzazione invernale e/o estiva) dell'edificio, ventilazione meccanica con trattamento dell'aria, facenti capo ad un unico sistema di generazione di energia termica, anche se funzionalmente o materialmente suddiviso in più parti.

Spazi soleggiati: ambienti non riscaldati adiacenti ad ambienti a temperatura controllata o climatizzati, quali verande o logge chiuse con elementi vetrati o serre addossate, in cui è presente una parete divisoria (l'involucro) tra il volume interno all'edificio e quello soleggiato ad esso esterno.

Zona termica: parte dell'edificio, cioè insieme di ambienti a temperatura controllata o climatizzati, per la quale si abbia sufficiente uniformità spaziale nella temperatura dell'aria (ed eventualmente nell'umidità) e per la quale, coerentemente con quanto indicato al § E.3, si abbia un unico e comune valore prefissato della grandezza controllata (temperatura e, eventualmente, umidità di set-point), si abbia la stessa tipologia di occupazione e destinazione d'uso, e che, per ogni servizio, sia servita da un'unica tipologia di sistema impiantistico, ovvero da più tipologie tra loro complementari, purché facenti parte dello stesso impianto termico.

---

(1) Le previgenti parole "Delibera Giunta regionale 8/5018 del 20 luglio 2007" sono state così sostituite

dalle attuali "presente procedura di calcolo" dall'Allegato al Decr. 15.12.2009, n. 14006 (B.U.R. 04.01.2010, n. 1). Le modifiche di cui al presente documento saranno rese operative a decorrere dal 15 gennaio 2010, così come indicato al comma 11 del suddetto decreto.

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/5

E.5 Riferimenti normativi

E.5 RIFERIMENTI NORMATIVI

Le norme di seguito elencate costituiscono i riferimenti principali sui quali si basa la procedura di calcolo ivi descritta.

UNI EN ISO 13790	Prestazione termica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento.
UNI/TS 11300-1	Prestazione energetica degli edifici - Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale.
UNI/TS 11300-2	Prestazione energetica degli edifici - Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.
pr UNI/TS 11300-4	Prestazione energetica degli edifici - Utilizzo di energie rinnovabili e altri metodi di generazione per riscaldamento di ambienti e preparazione di acqua calda sanitaria.
UNI EN 15316	Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto.
UNI EN ISO 6946	Componenti ed elementi per l'edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo.
UNI EN 1745	Muratura e prodotti per muratura - Metodi per valutare la resistenza termica di progetto.
UNI 7357	Calcolo del fabbisogno termico per il riscaldamento di edifici.

UNI 8477/1	Energia solare - Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia - Valutazione dell'energia raggiante ricevuta.
UNI EN ISO 10077-1	Prestazione termica di finestre, porte e chiusure - Calcolo della trasmittanza termica - Metodo semplificato.
UNI EN ISO 10077-2	Prestazione termica di finestre, porte e chiusure - Calcolo della trasmittanza termica - Metodo numerico per i telai.
UNI EN 13363-1	Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate - Calcolo della trasmittanza solare luminosa - Metodo semplificato.
UNI 10339	Impianti aeraulici a fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti - Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura.
UNI 10349	Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici.
UNI 10351	Materiali da costruzione - Conduttività termica e permeabilità al vapore.
UNI 10355	Murature e solai - Valori della resistenza termica e metodo di calcolo.
UNI EN ISO 14683	Ponti termici in edilizia - Coefficienti di trasmissione termica lineica - Metodi semplificati e valori di riferimento.
UNI EN ISO 13370	Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno - Metodi di calcolo.
UNI EN ISO 13788	Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia - Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e condensazione interstiziale - Metodo di calcolo.
UNI EN 13789	Prestazione termica degli edifici - Coefficiente di perdita di calore per trasmissione - Metodo di calcolo.
UNI EN 15193	Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per illuminazione.

UNI EN 12464-1	Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni.

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/6

E.6 Fabbisogno di energia termica dell'involucro - E.6.1 Le zone termiche

E.6 FABBISOGNO DI ENERGIA TERMICA DELL'INVOLUCRO

E.6.1 Le zone termiche

Ai fini della determinazione del fabbisogno annuale di energia termica di un edificio, quest'ultimo viene suddiviso in zone termiche omogenee.

Il fabbisogno annuale di energia termica di un edificio viene quindi determinato sommando il fabbisogno energetico delle sue zone termiche.

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/7

E.6 Fabbisogno di energia termica dell'involucro - E.6.2 Fabbisogno annuale di energia termica dell'edificio

E.6.2 Fabbisogno annuale di energia termica dell'edificio

Il fabbisogno annuale nominale di energia termica di un edificio viene determinato sommando il fabbisogno energetico delle singole zone termiche calcolato su base mensile, separatamente per il riscaldamento o climatizzazione invernale e per il raffrescamento o climatizzazione estiva, e viene calcolato due volte:

- una prima volta nell'ipotesi di ventilazione naturale o sola aerazione, per mettere in evidenza le caratteristiche termiche dell'involucro edilizio (valore di riferimento QBH,yr e QBC,yr);

- una seconda volta considerando l'effettivo modo di ventilare l'edificio, per mettere in evidenza l'eventuale miglioramento di efficienza dovuto alla presenza di ventilazione meccanica e per calcolare correttamente l'energia richiesta al sistema di generazione, (valore corretto QBH,adj,yr e QBC,adj,yr).

Si ha, quindi:

$$Q_{BH,yr} = \sum_{m=1}^{N_H} Q_{BH,m} = \sum_{m=1}^{N_H} \left(\sum_{i=1}^{N_Z} Q_{NH,i,m} \right)$$

$$Q_{BH,adj,yr} = \sum_{m=1}^{N_H} Q_{BH,adj,m} = \sum_{m=1}^{N_H} \left(\sum_{i=1}^{N_Z} Q_{NH,adj,i,m} \right) \quad (1)$$

$$Q_{BC,yr} = \sum_{m=1}^{N_C} Q_{BC,m} = \sum_{m=1}^{N_C} \left(\sum_{i=1}^{N_Z} Q_{NC,i,m} \right)$$

$$Q_{BC,adj,yr} = \sum_{m=1}^{N_C} Q_{BC,adj,m} = \sum_{m=1}^{N_C} \left(\sum_{i=1}^{N_Z} Q_{NC,adj,i,m} \right) \quad (2)$$

dove:

QBH,yr è il fabbisogno annuale di energia termica di riferimento per il riscaldamento o la climatizzazione invernale dell'edificio, [kWh];

QBH,adj,yr è il fabbisogno annuale di energia termica corretto per il riscaldamento o la climatizzazione invernale dell'edificio, [kWh];

QBH,m è il fabbisogno di energia termica di riferimento per il riscaldamento o la climatizzazione invernale dell'edificio nel mese m-esimo, [kWh];

QBH,adj,m è il fabbisogno di energia termica corretto per il riscaldamento o la climatizzazione invernale dell'edificio nel mese m-esimo, [kWh];

QNH,i,m è il fabbisogno di energia termica di riferimento per il riscaldamento o la climatizzazione invernale della zona termica i-esima nel mese m-esimo, [kWh];

QNH,adj,i,m è il fabbisogno di energia termica corretto per il riscaldamento o la climatizzazione invernale della zona termica i-esima nel mese m-esimo [kWh];

QBC,yr è il fabbisogno annuale di energia termica di riferimento per il raffrescamento o la climatizzazione estiva dell'edificio, [kWh];

QBC,adj,yr è il fabbisogno annuale di energia termica corretto per il raffrescamento o la climatizzazione estiva dell'edificio, [kWh];

QBC,m è il fabbisogno di energia termica di riferimento per il raffrescamento o la climatizzazione estiva dell'edificio nel mese m-esimo, [kWh];

QBC,adj,m è il fabbisogno di energia termica corretto per il raffrescamento o la climatizzazione estiva dell'edificio nel mese m-esimo, [kWh];

QNC,i,m è il fabbisogno di energia termica di riferimento per il raffrescamento o la climatizzazione estiva della zona termica i-esima nel mese m-esimo, [kWh];

QNC,adj,i,m è il fabbisogno di energia termica corretto per il raffrescamento o la climatizzazione estiva della zona termica i-esima nel mese m-esimo, [kWh];

m è il mese considerato;

i è la zona termica considerata;

NH è il numero di mesi della stagione di riscaldamento (climatizzazione invernale);

NC è il numero di mesi della stagione di raffrescamento (climatizzazione estiva);

NZ è il numero delle zone termiche in cui è stato suddiviso l'edificio.

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/8

E.6 Fabbisogno di energia termica dell'involucro - E.6.3 Fabbisogno di energia termica della zona

E.6.3 Fabbisogno di energia termica della zona

Il fabbisogno di energia termica dell'involucro edilizio, nel caso più generale di climatizzazione, viene quindi calcolato come somma del fabbisogno di energia termica sensibile e del fabbisogno di energia termica latente, sia nella condizione di riferimento (QNH e QNC) che in quella corretta (QNH,adj e QNC,adj), cioè:

$$Q_{NH} = Q_{NH,s} + Q_{NH,l}$$
$$Q_{NH,adj} = Q_{NH,s,adj} + Q_{NH,l} \quad (3)$$

$$Q_{NC} = Q_{NC,s} + Q_{NC,l}$$
$$Q_{NC,adj} = Q_{NC,s,adj} + Q_{NC,l} \quad (4)$$

dove:

QNH è il fabbisogno di energia termica totale (sensibile + latente) di riferimento per il riscaldamento o la climatizzazione invernale della zona considerata, [kWh];

QNH,adj è il fabbisogno di energia termica totale (sensibile + latente) corretta per il riscaldamento o la climatizzazione invernale della zona considerata, [kWh];

QNH,s è il fabbisogno di energia termica sensibile di riferimento per il riscaldamento o la climatizzazione invernale della zona considerata, [kWh];

QNH,s,adj è il fabbisogno di energia termica sensibile corretta per il riscaldamento o la climatizzazione invernale della zona considerata, [kWh];

QNH,l è il fabbisogno di energia termica latente per la climatizzazione invernale della zona considerata, [kWh];

QNC è il fabbisogno di energia termica totale (sensibile + latente) di riferimento per il raffrescamento o la climatizzazione estiva della zona considerata, [kWh];

QNC,adj è il fabbisogno di energia termica totale (sensibile + latente) corretta per il raffrescamento o la climatizzazione estiva della zona considerata, [kWh];

QNC,sè il fabbisogno di energia termica sensibile di riferimento per il raffrescamento o la climatizzazione estiva della zona considerata, [kWh];

QNC,s,adj è il fabbisogno di energia termica sensibile corretta per il raffrescamento o la climatizzazione estiva della zona considerata, [kWh];

QNC,l è il fabbisogno di energia termica latente per la climatizzazione estiva della zona considerata, [kWh].

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/9

E.6 Fabbisogno di energia termica dell'involucro - E.6.3 Fabbisogno di energia termica della zona - E.6.3.1 Fabbisogno di energia termica sensibile per il riscaldamento o la climatizzazione invernale

E.6.3.1 Fabbisogno di energia termica sensibile per il riscaldamento o la climatizzazione invernale

Per ciascuna zona il fabbisogno convenzionale di energia termica sensibile per il riscaldamento o la climatizzazione invernale viene determinato, sia nella condizione di riferimento (QNH,s) che in quella corretta (QNH,s,adj), come segue:

$$Q_{NH,s} = \max\left[0;\ Q_{L,H,net} - \eta_{G,H} \cdot Q_{G,H}\right]$$

$$Q_{NH,s,adj} = \max\left[0;\ Q_{L,H,net,adj} - \eta_{G,H,adj} \cdot Q_{G,H}\right] \qquad (5)$$

con le condizioni:

$$\text{se}\quad Q_{NH,s} < 1 \quad \text{si pone}\quad Q_{NH,s} = 0$$

$$\text{se}\quad Q_{NH,s,adj} < 1 \quad \text{si pone}\quad Q_{NH,s,adj} = 0 \qquad (6)$$

dove:

QNH,s è il fabbisogno di energia termica sensibile di riferimento per il riscaldamento o la climatizzazione invernale della zona considerata, [kWh];

QNH,s,adj è il fabbisogno di energia termica sensibile corretta per il riscaldamento o la climatizzazione invernale della zona considerata, [kWh];

QL,H,net è la quantità di energia di riferimento scambiata per trasmissione e per ventilazione tra l'ambiente a

temperatura controllata o climatizzato e l'ambiente circostante al netto dei contributi della radiazione solare trasferita all'interno per assorbimento sui componenti opachi e da eventuali spazi soleggiati addossati all'involucro, [kWh];

QL,H,net,adj è la quantità di energia corretta scambiata per trasmissione e per ventilazione tra l'ambiente a temperatura controllata o climatizzato e l'ambiente circostante al netto dei contributi della radiazione solare trasferita all'interno per assorbimento sui componenti opachi e da eventuali spazi soleggiati addossati all'involucro, [kWh];

$\eta_{g,h}$ è il fattore di utilizzazione di riferimento degli apporti energetici gratuiti;

$\eta_{G,H,adj}$ è il fattore di utilizzazione corretto degli apporti energetici gratuiti;

QGH è la quantità di energia gratuita dovuta alle sorgenti interne ed alla radiazione solare entrata attraverso i componenti trasparenti, [kWh];

con:

$$Q_{L,H,net} = Q_{L,H} - Q_{SE,O} - Q_{SE,S}$$
$$Q_{L,H,net,adj} = Q_{L,H,adj} - Q_{SE,O} - Q_{SE,S} \quad (7)$$

dove:

QL,H,net è la quantità di energia di riferimento scambiata per trasmissione e per ventilazione tra l'ambiente a temperatura controllata o climatizzato e l'ambiente circostante al netto dei contributi della radiazione solare trasferita all'interno per assorbimento sui componenti opachi e da eventuali spazi soleggiati addossati all'involucro, [kWh];

QL,H,net,adj è la quantità di energia corretta scambiata per trasmissione e per ventilazione tra l'ambiente a temperatura controllata o climatizzato e l'ambiente circostante al netto dei contributi della radiazione solare trasferita all'interno per assorbimento sui componenti opachi e da eventuali spazi soleggiati addossati all'involucro, [kWh];

QL,H è la quantità di energia di riferimento scambiata per trasmissione e per ventilazione tra l'ambiente a temperatura controllata o climatizzato e l'ambiente circostante, [kWh];

QL,H,adj è la quantità di energia corretta scambiata per trasmissione e per ventilazione tra l'ambiente a temperatura controllata o climatizzato e l'ambiente circostante, [kWh];

QSE,O è la quantità di energia solare assorbita dai componenti opachi e trasferita all'ambiente a temperatura controllata o climatizzato, [kWh];

QSE,S è la quantità di energia solare trasferita all'ambiente servito dall'impianto termico dovuta ad eventuali spazi soleggiati a temperatura non controllata addossati all'involucro attraverso la/le parete/i opaca/opache di separazione, [kWh].

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/10

E.6 Fabbisogno di energia termica dell'involucro - E.6.3 Fabbisogno di energia termica della zona - E.6.3.2 Fabbisogno di energia termica latente per la climatizzazione invernale

E.6.3.2 Fabbisogno di energia termica latente per la climatizzazione invernale

Per ciascuna zona il fabbisogno convenzionale di energia termica latente per la climatizzazione invernale (dovuto cioè al controllo dell'umidità dell'aria della zona) viene determinato come segue:

$$Q_{NH,l} = -\min\left[0;\ Q_{Wv,S,H} + Q_{Wv,V,H}\right] \qquad (8)$$

dove:

QNH,l è il fabbisogno di energia termica latente per la climatizzazione invernale della zona considerata, [kWh];

Qwv,s,h è l'entalpia del vapore di acqua prodotto all'interno della zona da persone e processi e sorgenti varie (cottura, lavaggi, ecc.), [kWh];

Qwv,v,h è l'entalpia della quantità netta di vapore di acqua introdotta nella zona dagli scambi d'aria con l'ambiente circostante per infiltrazione, aerazione e/o ventilazione, [kWh].

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/11

E.6 Fabbisogno di energia termica dell'involucro - E.6.3 Fabbisogno di energia termica della zona - E.6.3.3 Fabbisogno di energia termica sensibile per il raffrescamento o la climatizzazione estiva

E. 6.3.3 Fabbisogno di energia termica sensibile per il raffrescamento o la climatizzazione estiva

Per ciascuna zona, il fabbisogno convenzionale di energia termica per il raffrescamento o la climatizzazione estiva viene determinato, sia nella condizione di riferimento (Qnc,s) che in quella corretta (QNC,s,adj), come segue:

$$Q_{NC,s} = \max\left[0;\ Q_{G,C} - \eta_{L,C} \cdot Q_{L,C,net}\right]$$
$$Q_{NC,s,adj} = \max\left[0;\ Q_{G,C} - \eta_{L,C,adj} \cdot Q_{L,C,net,adj}\right] \quad (9)$$

con la condizione:

$$\text{se } Q_{NC,s} < 1 \quad \text{si pone } Q_{NC,s} = 0$$
$$\text{se } Q_{NC,s,adj} < 1 \quad \text{si pone } Q_{NC,s,adj} = 0 \quad (10)$$

dove:

QNC,s è il fabbisogno di energia termica sensibile di riferimento per il raffrescamento o la climatizzazione estiva della zona considerata, [kWh];

QNC,s,adj è il fabbisogno di energia termica sensibile corretto per il raffrescamento o la climatizzazione estiva della zona considerata, [kWh];

QG,C è la quantità di energia gratuita dovuta alle sorgenti interne ed alla radiazione solare, [kWh];

ηL,C è il fattore di utilizzazione di riferimento delle dispersioni termiche;

ηL,C,adj è il fattore di utilizzazione corretto delle dispersioni termiche;

QL,C,net è la quantità di energia di riferimento scambiata per trasmissione e per ventilazione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante al netto dei contributi della radiazione solare trasferita all'interno per assorbimento sui componenti opachi e da eventuali spazi soleggiati addossati all'involucro, [kWh];

QL,C,net,adj è la quantità di energia corretta scambiata per trasmissione e per ventilazione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante al netto dei contributi della radiazione solare trasferita all'interno per assorbimento sui componenti opachi e da eventuali spazi soleggiati addossati all'involucro, [kWh];

con:

$$Q_{L,C,net} = Q_{L,C} - Q_{SE,O} - Q_{SE,S}$$
$$Q_{L,C,net,adj} = Q_{L,C,adj} - Q_{SE,O} - Q_{SE,S} \quad (11)$$

dove:

QL,C è la quantità di energia di riferimento scambiata per trasmissione e per ventilazione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante, [kWh];

QL,C,adj è la quantità di energia corretta scambiata per trasmissione e per ventilazione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante, [kWh];

QSE,O è la quantità di energia solare assorbita dai componenti opachi e trasferita alla zona climatizzata o a temperatura controllata, [kWh];

QSE,S è la quantità di energia solare trasferita alla zona servita dall'impianto termico dovuta ad eventuali spazi soleggiati addossati all'involucro attraverso la/le parete/i opaca/opache di separazione; tale contributo è da considerarsi solo quando tali spazi non siano dotati di meccanismi che assicurino la loro ventilazione (esterno su esterno) durante il periodo estivo, [kWh].

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/12

E.6 Fabbisogno di energia termica dell'involucro - E.6.3 Fabbisogno di energia termica della zona - E.6.3.4 Fabbisogno di energia termica latente per la climatizzazione estiva

E.6.3.4 Fabbisogno di energia termica latente per la climatizzazione estiva

Per ciascuna zona il fabbisogno convenzionale di energia termica latente per la climatizzazione estiva (dovuta cioè al controllo dell'umidità dell'aria della zona) viene determinato come segue:

$$Q_{NC,l} = \max\left[0; Q_{Wv,S,C} + Q_{Wv,V,C}\right] \qquad (12)$$

dove:

QNC,l è il fabbisogno di energia termica latente per la climatizzazione estiva della zona considerata, [kWh];

QWv,S,C è l'entalpia del vapore di acqua prodotto all'interno della zona da persone, processi e sorgenti varie (cottura, lavaggi, ecc.), [kWh];

QWv,V,C è l'entalpia della quantità netta di vapore di acqua introdotta nella zona dagli scambi d'aria con l'ambiente circostante per infiltrazione, aerazione e/o ventilazione, [kWh].

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/13

E.6 Fabbisogno di energia termica dell'involucro - E.6.3 Fabbisogno di energia termica della zona - E.6.3.5 Energia scambiata per trasmissione e ventilazione

E.6.3.5 Energia scambiata per trasmissione e ventilazione

La quantità di energia scambiata per trasmissione e per ventilazione tra la zona climatizzata o a temperatura

controllata e l'ambiente circostante, QL, si calcola allo stesso modo sia per il riscaldamento che per il raffrescamento, ed è data, sia nella condizione di riferimento (QL) che in quella corretta (QL,adj), da:

$$Q_L = Q_T + Q_V$$
$$Q_{L,adj} = Q_T + Q_{V,adj} \qquad (13)$$

dove:

QL è la quantità di energia di riferimento scambiata per trasmissione e per ventilazione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante, [kWh];

QL adj è la quantità di energia corretta scambiata per trasmissione e per ventilazione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante, [kWh];

Qt è la quantità di energia dispersa per trasmissione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante, [kWh];

QV è la quantità di energia di riferimento dispersa per ventilazione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante, [kWh];

QV,adj è la quantità di energia corretta trasferita per ventilazione, considerando anche la ventilazione meccanica, in particolare con pre-riscaldamento o pre-raffrescamento e/o recupero termico o entalpico, tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante [kWh].

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/14

E.6 Fabbisogno di energia termica dell'involucro - E.6.3 Fabbisogno di energia termica della zona - E.6.3.6 Apporti mensili di calore gratuiti

E. 6.3.6 Apporti mensili di calore gratuiti

Gli apporti mensili di calore gratuiti, interni e solari, nella zona climatizzata o a temperatura controllata, devono essere calcolati mediante la seguente relazione:

$$Q_G = Q_I + Q_{SI} + Q_{SI,S} \qquad (14)$$

dove:

QG è la quantità di energia gratuita dovuta alle sorgenti interne ed alla radiazione solare, [kWh];

QI è la quantità di energia gratuita dovuta ad apparecchiature elettriche e persone, [kWh];

QSI è la quantità di energia gratuita dovuta alla radiazione solare entrante attraverso le superfici trasparenti rivolte direttamente verso l'ambiente esterno, [kWh];

QSI S è la quantità di energia gratuita dovuta alla radiazione solare entrate attraverso le superfici trasparenti rivolte verso un ambiente addossato all'involucro, [kWh].

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/15

E.6 Fabbisogno di energia termica dell'involucro - E.6.3 Fabbisogno di energia termica della zona - E.6.3.7 Energia scambiata per trasmissione

E. 6.3.7 Energia scambiata per trasmissione

La quantità di energia scambiata per trasmissione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante, Qt, è data da:

$$Q_T = H_T \cdot \Delta\theta \cdot \Delta t + Q_{T,S} \qquad (15)$$

dove:

QT è la quantità totale di energia trasferita per trasmissione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante, [kWh];

HT è il coefficiente di scambio termico per trasmissione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante, [W/K];

$\Delta\theta$ è la differenza tra la temperatura interna prefissata della zona termica considerata, θi, e il valore medio mensile della temperatura media giornaliera esterna, θe, [°C];

Δt è la durata del mese considerato (si veda la (17)), [kh];

Qt,s è la quantità totale di energia trasferita per trasmissione attraverso uno spazio soleggiato adiacente alla zona climatizzata o a temperatura controllata considerato (si veda la (55)), [kWh];

con:

$$\Delta\theta = \theta_i - \theta_e \qquad (16)$$

θi è la temperatura interna prefissata della zona termica considerata, (si veda § E.3), [°C]

θe è il valore medio della temperatura media giornaliera esterna (si veda § E.6.3.7.1), [°C];

e con:

$$\Delta t = \frac{24 \cdot N}{1000} \qquad (17)$$

N è il numero dei giorni del mese considerato.

Nel caso in cui siano presenti serre solari poste a contatto con la zona termica considerata, nel calcolo di QT deve essere considerata l'energia scambiata per trasmissione attraverso la parete divisoria tra la zona termica considerata e la serra (si veda la (55)).

E. 6.3.7.1 Valori medi mensili della temperatura media giornaliera dell'aria esterna

I valori medi mensili delle temperature medie giornaliere dell'aria esterna per i capoluoghi di Provincia, θ_e^r, sono riportati nel Prospetto II.

Per la definizione della temperatura media giornaliera dell'aria esterna nel Comune considerato, θe, si applica una temperatura corretta che tiene conto della diversa localizzazione e altitudine del Comune considerato rispetto al capoluogo di Provincia, applicando il seguente criterio:

- si identifica il capoluogo di Provincia di appartenenza del Comune considerato;

- si apporta una correzione al valore della temperatura del capoluogo di riferimento per tenere conto della differenza di altitudine tra questo e il Comune considerato, secondo la relazione:

$$\theta_e = \theta_e^r - \left(z - z^r\right) \cdot \delta \qquad (18)$$

dove:

θe è il valore medio mensile della temperatura media giornaliera esterna, [°C];

θ_e^r è il valore medio mensile della temperatura media giornaliera dell'aria esterna nel capoluogo di riferimento (Prospetto II), [°C];

z è l'altitudine s.l.m. del Comune considerato, [m];

z^r è l'altitudine s.l.m. del capoluogo di riferimento (Prospetto II), [m];

δ è il gradiente verticale di temperatura, il cui valore è assunto pari a 1/178, [°C/m].

Comune	Alt. [m]	Ott. [°C]	Nov. [°C]	Dic. [°C]	Gen. [°C]	Feb. [°C]	Mar. [°C]	Apr. [°C]	Mag. [°C]	Giu. [°C]	Lug. [°C]	Ago. [°C]	Set. [°C]
Bergamo	249	14,2	8,6	4,5	3,1	4,9	8,9	13,3	17,0	21,3	23,7	23,2	19,9

Brescia	149	14,0	7,8	3,5	1,5	4,2	9,3	13,5	17,7	22,0	24,4	23,7	19,9
Como	201	13,7	8,4	4,4	2,9	5,0	8,8	12,7	16,7	21,1	23,6	23,1	19,6
Cremona	45	13,4	7,2	2,5	0,7	3,3	8,4	13,3	17,4	21,9	24,3	23,4	19,7
Lecco	214	14,3	9,2	5,3	3,9	5,7	9,6	13,3	16,0	20,1	22,6	22,1	19,2
Lodi	87	13,4	7,3	2,5	0,9	3,3	8,6	13,5	17,8	22,5	24,5	23,4	19,6
Mantova	19	14,0	8,0	2,9	1,0	3,3	8,4	13,3	17,4	22,0	24,3	23,6	20,0
Milano	122	14,0	7,9	3,1	1,7	4,2	9,2	14,0	17,9	22,5	25,1	24,1	20,4
Monza e Brianza	122	14,0	7,9	3,1	1,7	4,2	9,2	14,0	17,9	22,5	25,1	24,1	20,4
Pavia	77	13,3	7,1	2,3	0,5	3,2	8,4	12,9	17,1	21,3	23,5	22,7	19,3
Sondrio	307	12,4	6,6	1,7	0,5	3,3	8,2	12,6	16,0	20,0	22,3	21,4	18,1
Varese	382	11,2	5,3	1,9	1,2	1,9	6,0	10,4	14,0	17,7	20,5	19,6	16,4

Prospetto II- Valori medi mensili della temperatura media giornaliera dell'aria esterna, θ_e^r (Fonte: UNI 10349:1994)

E. 6.3.7.2 Coefficiente di scambio termico per trasmissione

Per edifici esistenti, il coefficiente di scambio termico per trasmissione, HT, che tiene conto delle perdite o guadagni di calore attraverso le strutture che separano la zona termica considerata dall'ambiente circostante, viene calcolato secondo l'equazione (19). Le diverse condizioni di temperatura, a cui si può trovare l'ambiente circostante, vengono valutate applicando il fattore correttivo FT.

$$H_T = \sum_k A_{L,k} \cdot U_{C,k} \cdot F_{T,k} \qquad (19)$$

dove:

HT è il coefficiente di scambio termico per trasmissione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e

l'ambiente circostante, [W/K];

AL,k è l'area lorda della struttura k-esima, che separa la zona climatizzata o a temperatura controllata dall'ambiente circostante, [m2];

UC,k è la trasmittanza termica media, eventualmente corretta, della struttura k-esima, che separa la zona climatizzata o a temperatura controllata dall'ambiente circostante, [W/m2K];

FT,k è il fattore correttivo da applicare a ciascuna struttura k-esima così da tener conto delle diverse condizioni di temperatura degli ambienti con cui essi sono a contatto (Prospetto III);

k è il numero delle strutture disperdenti.

Ambiente circostante		FT,k
Ambienti con temperatura pari alla temperatura esterna		1,00
Ambiente non climatizzato	- con una parete esterna	0,40
	- senza serramenti esterni e con almeno due pareti esterne	0,50
	- con serramenti esterni e con almeno due pareti esterne (per esempio autorimesse)	0,60
	- con tre pareti esterne (per esempio vani scala esterni)	0,80
Piano interrato o seminterrato	- senza finestra o serramenti esterni	0,50
	- con finestre o serramenti esterni	0,80
Sottotetto	- aerato	1,00
	- tetto isolato	0,70
Terreno		0,45
Vespaio aerato		0,80

Prospetto III - Fattori correttivi da applicare a ciascun componente, k, così da tener conto delle diverse condizioni di temperatura degli ambienti adiacenti alla zona termica considerata (Fonte: UNI TS 11300-1:2008)

Per edifici di nuova costruzione, il coefficiente di scambio termico per trasmissione, HT, è dato dalla:

$$H_T = \sum_k A_{L,k} \cdot U_k \cdot \frac{\theta_i - \theta_a}{\theta_i - \theta_e} \qquad (20)$$

dove:

HT è il coefficiente di scambio termico per trasmissione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante, [W/K];

AL,k è l'area lorda della struttura k-esima, che separa la zona climatizzata o a temperatura controllata dall'ambiente circostante, [m2];

Uk è la trasmittanza termica media della struttura opaca k-esima, che separa la zona termica considerata dall'ambiente circostante, [W/m2K];

θa è la temperatura media mensile dell'ambiente circostante, calcolata secondo la metodologia descritta all'Appendice A, [°C];

θi è la temperatura interna prefissata della zona termica considerata, (si veda § E.3), [°C];

θe è il valore medio mensile della temperatura media giornaliera esterna (si veda § E.6.3.7.1), [C].

Per edifici esistenti, lo scambio di energia attraverso i ponti termici può essere determinato forfetariamente incrementando il valore della trasmittanza termica media della struttura in cui sono presenti oppure con il calcolo analitico previsto per edifici di nuova costruzione. Le maggiorazioni forfetarie, di cui al Prospetto IV, si applicano alle dispersioni della parete opaca e tengono conto anche della presenza dei ponti termici relativi ad eventuali serramenti.

La trasmittanza termica media corretta di ciascuna struttura opaca rivolta verso l'ambiente circostante, da utilizzare nell'equazione (19), si determina mediante la seguente relazione:

$$U_{C,k} = U_k \cdot (1 + F_{PT}) \qquad (21)$$

dove:

UC,k è la trasmittanza termica media, eventualmente corretta, della struttura k-esima, che separa la zona climatizzata o a temperatura controllata dall'ambiente circostante, [W/m2K];

Uk è la trasmittanza termica media della struttura opaca k-esima, che separa la zona termica considerata dall'ambiente circostante, [W/m2K];

FPT è il fattore correttivo da applicare al valore di trasmittanza termica della struttura opaca così da tener conto delle maggiorazioni dovute ai ponti termici (Prospetto IV).

Ai fini del calcolo del coefficiente di scambio termico per trasmissione della zona termica considerata si assume come superficie disperdente la superficie dei componenti delle strutture opache e trasparenti rivolti verso

l'esterno, verso il terreno e verso ambienti non mantenuti a temperatura controllata o climatizzati.

Nel Prospetto IV sono indicate le maggiorazioni percentuali che possono essere utilizzate, per edifici esistenti, in funzione delle caratteristiche della parete opaca.

Descrizione della parete	FPT
Parete con isolamento dall'esterno (a cappotto) senza aggetti/balconi e con ponti termici corretti	0,05
Parete con isolamento dall'esterno (a cappotto) con aggetti-balconi	0,15
Parete omogenea in mattoni pieni o in pietra (senza isolante)	0,05
Parete a cassa vuota con mattoni forati (senza isolante)	0,10
Parete a cassa vuota con isolamento nell'intercapedine (ponte termico corretto)	0,10
Parete a cassa vuota con isolamento nell'intercapedine (ponte termico non corretto)	0,20
Pannello prefabbricato in calcestruzzo con pannello isolante all'interno	0,30

Prospetto IV - Maggiorazioni percentuali relative alla presenza di ponti termici in edifici esistenti (Fonte: UNI TS 11300-1:2008)

Per edifici di nuova costruzione, l'incidenza del ponte termico deve essere calcolata analiticamente. La trasmittanza termica media della generica struttura k-esima, sia essa opaca o trasparente, viene determinata attraverso l'equazione:

$$U_k = \frac{\sum_j A_{L,j} \cdot U_j + \sum_i \Psi_{e,i} \cdot L_{e,i}}{\sum_j A_{L,j}} \qquad (22)$$

dove:

Uk è la trasmittanza termica media della struttura opaca k-esima, che separa la zona termica considerata dall'ambiente circostante, [W/m2K];

ALj è l'area lorda di ciascun componente, j, della struttura k-esima che separa la zona termica considerata dall'ambiente circostante, [m2];

Uj è la trasmittanza termica di ciascun componente, j, uniforme della struttura k-esima che separa la zona termica considerata dall'ambiente circostante, [W/m2K];

Ψe,i è la trasmittanza termica lineica dell' i-esimo ponte termico lineare attribuito alla struttura k-esima, basata sulle dimensioni esterne, [W/mK];

Le,i è la lunghezza caratteristica del ponte termico i-esimo, [m].

I valori di riferimento della trasmittanza termica lineica, Ψe,i, per diverse tipologie di ponti termici bidimensionali, comunemente ricorrenti e indicati in Appendice B, sono riportati nel Prospetto V.

Angoli	Ψe [W/mK]	Pavimenti	Ψe [W/mK]	Pareti interne	Ψe [W/mK]	Pilastri	Ψe [W/mK]
A1	-0,05	Pa1	0,00	PI1	0,00	Pi1	1,30
A2	-0,10	Pa2	0,95	PI2	0,95	Pi2	1,20
A3	-0,20	Pa3	0,90	PI3	0,90	Pi3	1,15
A4	-0,15	Pa4	0,70	PI4	0,00	Pi4	0,90
A5	0,05	Pa5	0,60	PI5	0,00	-	-
A6	0,15	Pa6	0,90	PI6	0,00	-	-
A7	0,15	Pa7	0,65	-	-	-	-
A8	0,10	Pa8	0,45	-	-	-	-

Coperture	Ψe [W/mK]	Coperture	Ψe [W/mK]	Serramenti	Ψe [W/mK]	Serramenti	Ψe [W/mK]

C1	0,55	C9	-0,05	S1	0,00	S10	0,10
C2	0,50	C10	0,00	S2	1,00	S11	0,00
C3	0,40	C11	0,05	S3	0,80	S12	0,10
C4	0,40	C12	0,15	S4	0,15	S13	0,80
C5	0,60	B1	0,95	S5	0,40	S14	1,00
C6	0,50	B2	0,95	S6	0,10	S15	0,00
C7	0,65	B3	0,90	S7	0,45	S16	0,15
C8	0,60	B4	0,70	S8	1,00	S17	0,40
-	-	-	-	S9	0,60	S18	0,20

Solai contro terra	Ψ_e [W/mK]	Solai su vespaio	Ψ_e [W/mK]	Prospetto V - Trasmittanza termica lineica in funzione delle tipologie di ponti termici riportati nella'Appendice B (Fonte: UNI EN ISO 14683:2008)
SC1	0,65	SV1	0,75	
SC2	0,60	SV2	0,65	
SC3	0,55	SV3	0,55	
SC4	0,50	SV4	0,50	
SC5	0,60	SV5	0,60	
SC6	0,45	SV6	0,45	

SC7	-0,05	SV7	-0,10
SC8	0,05	SV8	0,00

I valori di trasmittanza termica lineica, Ψe, sopra riportati, sono applicabili qualora sussistano le seguenti condizioni al contorno:

- per tutti i dettagli:	
-- resistenza termica superficiale interna	Rsi =0,13 [m2K/W]
-- resistenza termica superficiale esterna	Rse=0,04 [m2K/W]
- per le pareti esterne:	
-- spessore	d=0,30 [m]
- per le pareti interne:	
-- spessore	d=0,20 [m]
- per pareti isolate:	
-- trasmittanza termica	U=0,343 [W/m2K]
-- resistenza termica dello strato isolante	R=2,50 m2K/W]
- per pareti non isolate:	
-- trasmittanza termica	U=0,375 [W/m2K]
- per tutte le solette:	
-- spessore	d=0,20 [m]

-- conducibilità termica	λ=2,00 [W/mK]
- per i tetti:	
-- trasmittanza termica	U=0,365 [W/m2K]
-- resistenza termica dello strato isolante	R=2,50 [m2K/W]
- per i telai delle aperture:	
-- spessore	d=0,06 [m]
- per i pilastri:	
-- spessore	d=0,30 [m]
-- conducibilità termica	λ=2,00 [W/mK]
- per i pavimenti controterra:	
-- spessore	d=0,20 [m]
-- conducibilità termica	λ=2,00 [W/mK]
-- resistenza termica dello strato isolante	R=2,50 [m2K/W]

Per condizioni al contorno che si discostano completamente da quelle sopra riportate è necessario determinare la trasmittanza termica lineica effettiva del ponte termico; tale calcolo può essere effettuato avvalendosi di norme tecniche predisposte dagli organismi deputati a livello nazionale o comunitario, quali ad esempio UNI, CEN, ISO o, in alternativa, avvalendosi dell' Appendice informativa C.

E.6.3.7.3 Trasmittanza termica di componenti particolari

Cassonetti

In mancanza di dati forniti dal costruttore, i valori di trasmittanza termica dei cassonetti devono essere dedotti dal Prospetto VI.

Tipologia cassonetto	Trasmittanza termica [W/m2K]
Cassonetto non isolato	6
Cassonetto isolato [*]	1
[*] Si considerano isolate quelle strutture che hanno un isolamento termico non inferiore ai 2 cm.	

Prospetto VI - Trasmittanza termica dei cassonetti [W/m2K] (Fonte: UNI TS 11300-1:2008)

Serramenti trasparenti

La trasmittanza termica di serramenti singoli, UW, si calcola mediante la relazione:

$$U_W = \frac{A_g U_g + A_t U_t + L_g \Psi_g}{A_g + A_t} \qquad (23)$$

dove:

UW è la trasmittanza termica del serramento singolo, [W/m2K];

Ag è l'area del vetro, [m2];

Ug è la trasmittanza termica del vetro, [W/m2K];

At è l'area del telaio, [m2];

Ut è la trasmittanza termica del telaio, [W/m2K];

Lg è il perimetro del vetro, [m];

Ψg è la trasmittanza termica lineare del vetro, (Prospetto VIII e Prospetto IX), [W/mK].

Materiale	Tipo	Trasmittanza termica UT [W/m2]
Poliuretano	con anima di metallo e spessore di PUR ≥5	2,8

PVC - profilo vuoto	con due camera cave	2,2
	con tre camera cave	2,0
Legno duro	spessore 70 mm	2,1
Legno tenero	spessore 70 mm	1,8
Metallo	-	5,5
Metallo con taglio termico	distanza minima di 20 mm tra sezioni opposte di metallo	2,4

Prospetto VII - Valori della trasmittanza termica del telaio per alcune tipologie di materiale (Fonte: UNI TS 11300-1:2008)

Materiali del telaio	Vetrata doppia o tripla non rivestita, intercapedine con aria o gas Ψ [W/mK]	Vetrata doppia con bassa emissività, vetrata tripla con due rivestimenti a bassa emissività intercapedine con aria o gas Ψ [W/mK]
Telaio in legno o telaio in PVC	0,06	0,08
Telaio in alluminio con taglio termico	0,08	0,11
Telaio in metallo senza taglio termico	0,02	0,05

Prospetto VIII - Valori della trasmittanza termica lineare Ψ per distanziatori in metallo (Fonte: UNI EN ISO 10077-1:2007)

Materiali del telaio	Vetrata doppia o tripla non rivestita, intercapedine con aria o gas	Vetrata doppia con bassa emissività, vetrata tripla con due rivestimenti a bassa emissività intercapedine con aria o gas

	Ψ [W/mK]	Ψ [W/mK]
Telaio in legno o telaio in PVC	0,05	0,06
Telaio in alluminio con taglio termico	0,06	0,08
Telaio in metallo senza taglio termico	0,01	0,04

Prospetto IX - Valori della trasmittanza termica lineare Ψ per distanziatori in PVC (Fonte: UNI EN ISO 10077-1:2007)

In mancanza di dati più precisi, i valori di trasmittanza termica da utilizzare nel calcolo per alcune tipologie di vetro, Ug, possono essere dedotti dal Prospetto XV mentre i valori di trasmittanza termica del telaio per alcune tipologie di materiali, Ut, possono essere dedotti dal Prospetto VII.

Nel caso di serramenti composti da due telai separati, doppio serramento (si veda Figura 1), la trasmittanza si calcola mediante la relazione che segue:

$$U_W = \left(\frac{1}{U_{w1}} - R_{si} + R_s - R_{se} + \frac{1}{U_{w2}} \right)^{-1} \quad (24)$$

dove:

Uw1 è la trasmittanza termica del componente interno calcolata secondo la (23) o fornita dal costruttore, [W/m2K];

Uw2 è la trasmittanza termica del componente esterno calcolata secondo la (23) o fornita dal costruttore, [W/m2K];

Rsi è la resistenza termica superficiale interna della finestra esterna quando applicata da sola (ai fini del calcolo si assume pari a 0,13 m2K/W);

Rs è la resistenza termica dell'intercapedine racchiusa tra le vetrate delle due finestre (Prospetto X), [m2K/W];

Rse è la resistenza termica superficiale esterna della finestra interna quando applicata da sola (ai fini del calcolo si assume pari a 0,04 m2K/W).

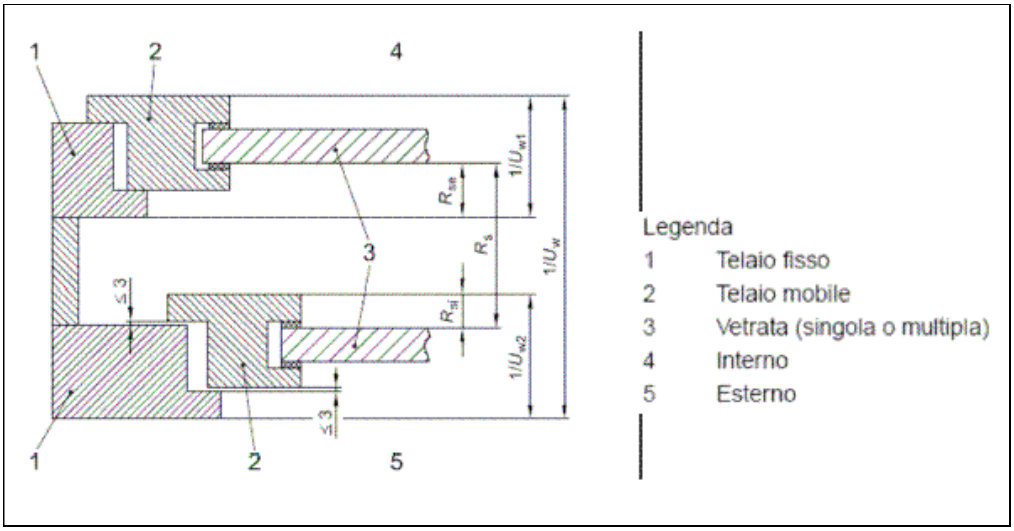


Figura 1 - Esempio di doppio serramento (Fonte: UNI EN ISO 10077-1:2007)

Spessore dell'intercapedine d'aria [mm]	Una sola superficie trattata con emissività normale di				Entrambe le superfici non trattate Rs
	0,1	0,2	0,4	0,8	
6	0,211	0,191	0,163	0,132	0,127
9	0,299	0,259	0,211	0,162	0,154
12	0,377	0,316	0,247	0,182	0,173
15	0,447	0,364	0,276	0,197	0,186
50	0,406	0,336	0,26	0,189	0,179

Prospetto X - Resistenza termica di intercapedini (m2K/W) (Fonte: UNI EN ISO 10077-1:2007)

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/16

E.6 Fabbisogno di energia termica dell'involucro - E.6.3 Fabbisogno di energia termica della zona - E.6.3.8 Energia scambiata per ventilazione, aerazione e infiltrazione

E.6.3.8 Energia scambiata per ventilazione, aerazione e infiltrazione

Per ventilazione si intende il ricambio dell'aria negli ambienti o tramite l'impiego di ventilatori (ventilazione meccanica) o tramite la presenza di aperture nell'involucro edilizio, all'uopo predisposte e normalmente non occluse, che attivino ventilazione naturale principalmente per tiraggio termico; con aerazione si intende il ricambio d'aria negli ambienti per apertura e chiusura manuale delle finestre; con infiltrazione si intendono i ricambi d'aria non desiderati dovuti alla non perfetta impermeabilità dell'involucro e alla presenza di differenze di pressione tra esterno e interno dovute all'azione del vento e di differenze di temperatura.

L'energia termica di riferimento scambiata convenzionalmente per ventilazione naturale, aerazione e infiltrazione, QV, è data da:

$$Q_V = H_V \cdot \Delta\theta \cdot \Delta t \qquad (25)$$

dove:

QV è la quantità totale di energia di riferimento trasferita per ventilazione naturale, aerazione e/o infiltrazione, tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante, [kWh];

HV è il coefficiente di scambio termico di riferimento per ventilazione naturale, aerazione e/o infiltrazione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante, [W/K];

$\Delta\theta$ è la differenza tra la temperatura interna prefissata della zona termica considerata, θi, e la temperatura media giornaliera esterna, θe si veda § E.6.3.7, [°C];

Δt è la durata del mese considerato (si veda la (17)), [kh].

In presenza di ventilazione meccanica, cioè di un sistema impiantistico che impone i ricambi d'aria, in particolare con pre-riscaldamento o pre-raffrescamento e/o con recupero termico o entalpico, per considerare l'effetto della ventilazione meccanica sull'efficienza complessiva del sistema, occorre calcolare anche l'energia termica corretta scambiata per ventilazione meccanica, QV,adj:

$$H_V = \rho_a \cdot c_a \cdot \sum_k \dot{V}_{a,k} \qquad (27)$$

dove:

QV,adj è la quantità totale di energia corretta trasferita per ventilazione, considerando anche la ventilazione meccanica, in particolare con pre-riscaldamento o pre-raffrescamento e/o recupero termico o entalpico, tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante [kWh];

HV,adj è il coefficiente di scambio termico corretto per ventilazione meccanica, in particolare con pre-riscaldamento o pre-raffrescamento e/o recupero termico o entalpico tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante, [W/K];

$\Delta\theta$ è la differenza tra la temperatura interna prefissata della zona termica considerata, θi, e la temperatura media

giornaliera esterna, θe si veda § E.6.3.7, [°C];

Δt è la durata del mese considerato (si veda la (17)), [kh].

E. 6.3.8.1 Coefficiente di scambio termico di riferimento e di scambio termico corretto per ventilazione, aerazione e infiltrazione

Il coefficiente di scambio termico di riferimento per ventilazione, HV, si determina mediante la seguente relazione:

$$H_V = \rho_a \cdot c_a \cdot \sum_k \dot{V}_{a,k} \qquad (27)$$

dove:

HV è il coefficiente di scambio termico di riferimento per ventilazione naturale, aerazione e/o infiltrazione, tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante, [W/K];

$\rho_a \cdot c_a$ è la capacità termica volumica dell'aria, pari a 0,34 Wh/(m3K);

$\dot{V}_{a,k}$ è la portata d'aria media giornaliera k-esima dovuta a ventilazione naturale o aerazione e/o infiltrazione della zona, [m3/h];

k è il singolo e specifico ricambio d'aria dovuto o a ventilazione o ad aerazione o a infiltrazione.

Il coefficiente di scambio termico corretto per ventilazione, HV,adj, si determina mediante la seguente relazione:

$$H_{V,adj} = \rho_a \cdot c_a \cdot \left(\sum_k \dot{V}_{a,k,adj} \cdot b_{v,k} \right) \qquad (28)$$

dove:

$\rho_a \cdot c_a$ è la capacità termica volumica dell'aria, pari a 0,34 Wh/(m3K);

HV,adj è il coefficiente di scambio termico corretto per ventilazione, aerazione e/o infiltrazione, tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante, [W/K];

$\dot{V}_{a,k,adj}$ è la portata d'aria media giornaliera k-esima dovuta a ventilazione naturale o aerazione e/o infiltrazione della zona o ventilazione meccanica, [m3/h];

bv,k è il fattore di correzione definito al § E.6.3.8.3;

k è il singolo e specifico ricambio d'aria dovuto o a ventilazione o ad aerazione o a infiltrazione o a ventilazione meccanica.

E. 6.3.8.2 Portata di ventilazione media giornaliera

All'interno di un edificio, allo scopo di assicurare sufficienti condizioni sia igieniche sia di benessere termoigrometrico, è necessario garantire una portata minima di aria esterna, chiamata in questo contesto portata minima di ventilazione o aerazione, che serve a diluire e mantenere ad un livello accettabile la concentrazione degli inquinanti rilasciati nell'ambiente da persone e cose. Inevitabilmente questo rinnovo d'aria negli ambienti può determinare un incremento dell'energia scambiata con l'esterno, ma ciò è necessario per garantire la salubrità e la qualità dell'aria. Le portate adottate nel seguito risentono di tale necessità più che di quella connessa alla minimizzazione degli scambi termici per ventilazione.

Le portate d'aria medie giornaliere di ventilazione della zona vengono calcolate in modo semplificato e convenzionale come segue:

a) sola aerazione o ventilazione naturale, comprese le infiltrazioni

$$\sum_k \dot{V}_{a,k} = V \cdot n \qquad (29)$$

dove:

V è il volume netto della zona a temperatura controllata o climatizzata considerata, [m3];

n è il numero di ricambi d'aria medio giornaliero, determinato in funzione della destinazione comprensivo delle infiltrazioni, [h-1], che, per il calcolo ai fini del presente dispositivo, vale:

- per gli edifici o parti di edificio residenziali esistenti, n = 0,5 h-1;

- per gli edifici o parti di edificio residenziali nuovi, n = 0,3 h-1;

- per tutti gli altri edifici o parti di edificio si assume:

$$n = \frac{\left(\dot{v}_{min} \cdot i_s \cdot A\right)}{V} \qquad (30)$$

dove:

n è il numero di ricambi d'aria medio giornaliero, determinato in funzione della destinazione d'uso e comprensivo delle infiltrazioni, [h-1];

$\dot{v}_{min}$ è la portata specifica d'aria esterna minima richiesta nel periodo di occupazione dei locali, (Prospetto XI), [m3/h per persona];

is è l'indice di affollamento (Prospetto XI), [persone/m2];

A è la superficie utile di pavimento, [m2];

V è il volume netto della zona climatizzata o a temperatura controllata considerato, [m3].

b) ventilazione meccanica comprensiva delle eventuali infiltrazioni, sia per sistemi a semplice flusso che a doppio

flusso:

$$\dot{V}_{a,k,adj} = \dot{V}_{des} \qquad (31)$$

con:

$$\dot{V}_{des} \geq \left(\dot{v}_{min} \cdot i_s \cdot A\right) \qquad (32)$$

dove:

$\dot{V}_{des}$ è la portata d'aria di progetto, che non può essere inferiore rispetto ai valori calcolati secondo la (32) in funzione dei valori minimi riportati nel Prospetto XI, [m3/h].

Categoria di edificio	Destinazione d'uso	is	$\dot{v}_{min}$
E.1 (1); E.1 (2)	Edifici residenziali	0,04	39,6
E.1 (3)	Edifici adibiti ad albergo, pensioni ed attività similari	0,05	39,6
E.2	Edifici adibiti ad uffici ed assimilabili	0,12	39,6
E.3	Edifici adibiti ad ospedali, cliniche o case di cura ed assimilabili	0,08	39,6
E.4	Edifici adibiti ad attività ricreative, associative e di culto	1,00	28,8
E.5	Edifici adibiti ad attività commerciali ed assimilabili	0,25	36,0
E.6	Edifici adibiti ad attività sportive	0,70	36,0
E.7	Edifici adibiti ad attività scolastiche di tutti i livelli e assimilabili	0,50	21,6
E.8	Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali ed assimilabili	0,25	36,0

Prospetto XI - Valori di is, $\dot{V}_{min}$, in funzione della categoria di edificio (Fonte: UNI 10339:1995)

E. 6.3.8.3 Fattore di correzione bv,k

Il fattore di correzione per la differenza di temperatura effettivamente presente nel k-esimo flusso d'aria, bv,k, viene calcolato nel seguente modo:

a) ventilazione naturale, aerazione e infiltrazioni

bv,k = 1

b) ventilazione meccanica a semplice flusso

bv,k = 1 per ventilatore in estrazione o ventilatore premente senza pre-riscaldamento o pre-raffreddamento;

$b_{v,k} = \frac{\theta_i - \theta_{im}}{\theta_i - \theta_e}$ per ventilatore premente con pre-riscaldamento o pre-raffreddamento;

dove:

θim è il valore di progetto della temperatura di immissione dell'aria nella zona dopo il pre-riscaldamento o pre-raffreddamento, [°C];

θi è la temperatura interna prefissata della zona termica considerata, (si veda § E.3), [°C];

θe è il valore medio mensile della temperatura media giornaliera esterna (si veda § E.6.3.7.1), [°C].

c) ventilazione meccanica a doppio flusso

bv,k = 1 per sistemi senza pre-riscaldamento o pre-raffreddamento e senza recupero termico o entalpico;

$b_{v,m} = \frac{\theta_i - \theta_{im}}{\theta_i - \theta_e}$ per sistemi con pre-riscaldamento o pre-raffreddamento e senza recupero termico o entalpico;

$b_{v,m} = 1 - f_R \cdot \eta_{R,eff}$ per sistemi con recupero termico o entalpico e senza pre-riscaldamento o preraffreddamento;

dove:

ηR,eff è l'efficienza effettiva del recuperatore di calore calcolata secondo quanto descritto al § E.9.5.3;

fRè la percentuale di portata d'aria esterna che passa attraverso il recuperatore di calore.

L'eventuale presenza di pre-riscaldamento o pre-raffreddamento con a monte un recuperatore viene equiparata, per lo scopo del presente paragrafo, al caso senza recuperatore, rinviando la determinazione del risparmio indotto dal suo impiego al sottosistema di ventilazione.

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/17

E.6 Fabbisogno di energia termica dell'involucro - E.6.3 Fabbisogno di energia termica della zona - E.6.3.9 Apporti di calore dovuti ad apparecchiature elettriche e persone

E.6.3.9 Apporti di calore dovuti ad apparecchiature elettriche e persone

Qualunque calore generato all'interno della zona climatizzata o a temperatura controllata contribuisce ad accrescere gli apporti di calore interni, QI.

Tra le principali sorgenti di calore interne vi sono:

- gli apporti dovuti al metabolismo degli occupanti;

- il calore sprigionato dalle apparecchiature elettriche e di illuminazione.

In edifici a destinazione d'uso residenziale, gli apporti di calore dovuti alla presenza di queste sorgenti sono ricavati, in maniera convenzionale, mediante la seguente relazione:

$$Q_I = \dot{Q}_a \cdot \Delta t \qquad (33)$$

dove:

QI è l'apporto di calore dovuto ad apparecchiature elettriche e persone, [kWh];

$\dot{Q}_a$ è il valore medio globale degli apporti interni, (Prospetto XII), [W];

Δt è la durata del mese considerato (si veda la (17)), [kh].

Categoria di edificio	Destinazione d'uso	Apporti medi globali $\dot{Q}_a$ [W]
E.1 (1); E.1 (2)	Edifici residenziali con A≤170 m2	5,294 A-0,01557 A2
E.1 (1); E.1 (2)	Edifici residenziali con A>170 m2	450

Prospetto XII - Valori globali degli apporti interni, $\dot{Q}_a$ (Fonte: UNI TS 11300-1:2008)

Per tutte le altre destinazioni d'uso, l'entità degli apporti di calore interni è ricavata come:

$$Q_I = \dot{q}_a \cdot A \cdot \Delta t \qquad (34)$$

dove:

QI è l'apporto di calore gratuito dovuto ad apparecchiature elettriche e persone, [kWh];

A è la superficie utile di pavimento, [m2];

$\dot{q}_a$ è il valore medio globale degli apporti interni per unità di superficie utile, (Prospetto XIII), [W/m 2];

Δt è la durata del mese considerato (si veda la (17)), [kh].

Categoria di edificio	Destinazione d'uso	Apporti medi globali per unità di superficie $\dot{q}_a$ [W/m2]
E.1 (3)	Edifici adibiti ad albergo, pensioni ed attività similari	6
E.2	Edifici adibiti ad uffici ed assimilabili	6
E.3	Edifici adibiti ad ospedali, cliniche o case di cura ed assimilabili	8
E.4 (1)	Cinema e teatri, sale di riunione per congressi	8
E.4 (2)	Luoghi di culto, mostre, musei e biblioteche	8
E.4 (3)	Bar, ristoranti, sale da ballo	10
E.5	Edifici adibiti ad attività commerciali ed assimilabili	8
E.6 (1)	Piscine, saune ed assimilabili	10
E.6 (2)	Palestre ed assimilabili	5
E.6 (3)	Servizi di supporto alle attività sportive	4

E.7	Edifici adibiti ad attività scolastiche di tutti i livelli e assimilabili	4
E.8	Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali ed assimilabili	6

Prospetto XIII - Valori globali degli apporti interni, $\dot{q}_a$ (Fonte: UNI TS 11300-1:2008)

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/18

E.6 Fabbisogno di energia termica dell'involucro - E.6.3 Fabbisogno di energia termica della zona - E.6.3.10 Apporti solari attraverso le strutture trasparenti esterne - [Parte Prima]

E.6.3.10 Apporti solari attraverso le strutture trasparenti esterne

L'energia dovuta agli apporti solari sulle superfici trasparenti rivolte verso l'ambiente esterno, QSI, viene calcolata prendendo in considerazione l'effetto di schermature mobili permanenti, cioè integrate nell'involucro edilizio e non liberamente montabili e smontabili dall'utente, come:

$$Q_{SI} = N \cdot \sum_j \left[\overline{H}_{s,j} \cdot \left(\sum_i A_{L,i} \cdot (1 - F_{F,i}) \cdot F_{S,i,j} \cdot F_{(sh+gl),i,j} \cdot g_{\perp,i} \right) \right] \quad (35)$$

dove:

Qsi è l'apporto di calore dovuto alla radiazione solare attraverso le superfici trasparenti rivolte verso l'ambiente esterno, [kWh];

N è il numero dei giorni del mese considerato;

$\overline{H}_{s,j}$ è l'irradiazione globale giornaliera media mensile incidente sulla superficie trasparente con esposizione, j, (Prospetto XIV), [kWh/m2];

AL,i è la superficie lorda del serramento vetrato, i, (assunta pari a quella dell'apertura realizzata sulla parete), [m2];

1-F f,i è il coefficiente di riduzione dovuto al telaio per il serramento i, pari al rapporto tra l'area trasparente e l'area totale dell'unità vetrata, si assume un valore convenzionale pari a 0,80;

FS,i,j è il fattore di riduzione dovuto all'ombreggiatura per la superficie i, con esposizione j, da calcolare con

l'equazione (36);

F (sh+gl),i,j è il fattore di riduzione degli apporti solari relativo all'utilizzo di schermature mobili o fisse complanari al serramento i, con esposizione j, definito dalla (37), ovvero di correzione per angolo di incidenza medio giornaliero diverso da 0° (incidenza normale), giacché tiene esplicitamente conto della riduzione dovuta all'inclinazione dei raggi solari rispetto alla superficie verticale interessata, sia per il serramento con schermature che per il serramento senza schermature;

$g_{\perp,i}$ è la trasmittanza dell'energia solare totale della superficie trasparente del serramento, i, (alcuni valori indicativi del coefficiente di trasmissione solare, $g_{\perp}$.-, di alcuni tipi di vetro sono riportati nel Prospetto XV: tali valori devono essere utilizzati solo quando non sono disponibili dati più precisi forniti dal costruttore).

Mese	BG						BS						CO						CR					
	N	NE NO	E O	SE SO	S	H	N	NE NO	E O	SE SO	S	H	N	NE NO	E O	SE SO	S	H	N	NE NO	E O	SE SO	S	H
G	0,4	0,5	0,9	1,6	2,0	1,2	0,5	0,5	1,0	1,8	2,3	1,3	0,5	0,5	1,0	1,8	2,3	1,3	0,4	0,5	0,9	1,4	1,8	1,1
F	0,7	0,8	1,5	2,2	2,6	1,9	0,7	0,9	2,0	2,6	3,1	2,2	0,7	0,8	1,4	2,1	2,5	1,9	0,7	0,8	1,4	2,1	2,4	1,9
M	1,0	1,4	2,3	2,9	3,1	3,1	1,0	1,5	2,6	3,2	3,4	3,4	1,0	1,4	2,3	2,8	3,0	3,1	1,0	1,4	2,3	2,9	3,1	3,2
A	1,5	2,2	3,0	3,2	2,9	4,3	1,5	2,2	3,1	3,3	2,9	4,5	1,5	2,2	3,0	3,2	2,9	4,3	1,5	2,3	3,2	3,4	3,1	4,7
M	2,1	2,8	3,5	3,3	2,7	5,3	2,2	3,0	3,8	3,5	2,8	5,7	2,0	2,7	3,3	3,1	2,6	5,0	2,2	3,0	3,8	3,5	2,8	5,7
G	2,5	3,2	3,7	3,3	2,6	5,7	2,6	3,4	4,1	3,5	2,8	6,3	2,5	3,1	3,7	3,2	2,6	5,7	2,7	3,6	4,3	3,7	2,8	6,6
L	2,5	3,4	4,1	3,6	2,9	6,2	2,6	3,6	4,5	3,9	3,1	6,8	2,4	3,3	4,0	3,6	2,9	6,1	2,6	3,7	4,6	4,0	3,1	6,9
A	1,8	2,7	3,6	3,6	3,1	5,2	1,8	2,8	3,9	3,9	3,3	5,6	1,7	2,6	3,4	3,4	2,9	5,0	1,8	2,8	3,8	3,8	3,3	5,6
S	1,2	1,8	2,8	3,3	3,3	3,9	1,2	1,9	3,0	3,5	3,5	4,1	1,1	1,7	2,6	3,1	3,0	3,6	1,2	1,8	2,9	3,4	3,3	4,0
O	0,8	1,1	1,9	2,8	3,2	2,5	0,8	1,1	2,0	2,8	3,3	2,6	0,8	1,1	1,9	2,7	3,2	2,5	0,8	1,0	1,8	2,4	2,8	2,3

N	0,5	0,6	1,0	1,7	2,1	1,3	0,5	0,6	1,2	2,0	2,5	1,5	0,5	0,6	1,1	1,8	2,2	1,4	0,5	0,5	0,9	1,5	1,9	1,3
D	0,4	0,4	0,9	1,6	2,0	1,1	0,4	0,4	1,0	1,8	2,3	1,2	0,4	0,4	0,9	1,6	2,1	1,1	0,4	0,4	0,7	1,2	1,5	0,9

Mese	LC						LO						MI						MB					
	N	NE NO	E O	SE SO	S	H	N	NE NO	E O	SE SO	S	H	N	NE NO	E O	SE SO	S	H	N	NE NO	E O	SE SO	S	H
G	0,5	0,4	1,1	1,9	2,4	0,5	0,4	0,4	0,8	1,3	1,6	1,0	0,4	0,4	0,8	1,3	1,7	1,1	0,4	0,4	0,8	1,3	1,7	1,1
F	0,7	0,8	1,5	2,2	2,7	0,7	0,7	0,8	1,4	2,0	2,3	1,8	0,7	0,8	1,4	2,0	2,4	1,9	0,7	0,8	1,4	2,0	2,4	1,9
M	1,0	1,4	2,3	2,9	3,1	1,0	1,0	1,4	2,3	2,8	3,0	3,1	1,0	1,5	2,4	2,9	3,1	3,2	1,0	1,5	2,4	2,9	3,1	3,2
A	1,5	2,2	3,0	3,2	2,9	1,5	1,5	2,3	3,1	3,3	3,0	4,6	1,5	2,3	3,2	3,4	3,0	4,6	1,5	2,3	3,2	3,4	3,0	4,6
M	2,1	2,8	3,4	3,1	2,6	2,1	2,2	3,0	3,7	3,4	2,8	5,6	2,2	3,0	3,7	3,4	2,8	5,6	2,2	3,0	3,7	3,4	2,0	5,6
G	2,5	3,2	3,7	3,3	2,6	2,5	2,7	3,5	4,1	3,6	2,8	6,4	2,6	3,4	4,0	3,5	2,7	6,2	2,6	3,4	4,0	3,5	2,7	6,2
L	2,4	3,3	4,0	3,6	2,9	2,4	2,6	3,6	4,5	3,9	3,0	6,8	2,6	3,6	4,4	3,9	3,0	6,7	2,6	3,6	4,4	3,9	3,0	6,7
A	1,8	2,6	3,4	3,5	3,0	1,8	1,8	2,8	3,7	3,8	3,2	5,4	1,8	2,7	3,7	3,7	3,1	5,4	1,8	2,7	3,7	3,7	3,1	5,4
S	1,1	1,8	2,7	3,1	3,1	1,1	1,2	1,8	2,8	3,2	3,2	3,8	1,2	1,8	2,8	3,3	3,3	3,9	1,2	1,8	2,8	3,3	3,3	3,9
O	0,8	1,1	1,9	2,8	3,3	0,8	0,8	1,0	1,7	2,4	2,7	2,3	0,8	1,0	1,8	2,5	2,9	2,3	0,8	1,0	1,8	2,5	2,9	2,3
N	0,5	0,6	1,1	1,9	2,4	0,5	0,5	0,5	0,9	1,4	1,8	1,2	0,5	0,5	0,9	1,5	1,9	1,2	0,5	0,5	0,9	1,5	1,9	1,2
D	0,4	0,4	0,9	1,7	2,2	0,4	0,4	0,4	0,7	1,1	1,4	0,9	0,4	0,4	0,7	1,2	1,5	0,9	0,4	0,4	0,7	1,2	1,5	0,9

Mese	MN						PV						SO						VA					
	N	NE NO	E O	SE SO	S	H	N	NE NO	E O	SE SO	S	H	N	NE NO	E O	SE SO	S	H	N	NE NO	E O	SE SO	S	H
G	0,4	0,4	0,8	1,3	1,6	1,1	0,4	0,4	0,8	1,3	1,6	1,0	0,5	0,5	1,3	2,5	3,2	1,5	0,5	0,5	1,1	2,0	2,6	1,4
F	0,7	0,8	1,4	1,9	2,3	1,8	0,7	0,8	1,4	1,9	2,3	1,8	0,7	0,9	2,0	3,2	3,9	2,5	0,7	0,8	1,6	2,4	2,8	2,0
M	1,0	1,4	2,2	2,8	2,9	3,1	1,0	1,4	2,2	2,8	2,9	3,1	1,0	1,7	3,0	3,9	4,2	3,9	1,0	1,4	2,3	2,9	3,1	3,2
A	1,5	2,3	3,1	3,3	2,9	4,5	1,5	2,3	3,1	3,3	3,0	4,5	1,5	2,4	3,5	3,7	3,3	4,9	1,5	2,1	2,9	3,1	2,8	4,3
M	2,1	3,0	3,7	3,4	2,8	5,6	2,1	3,0	3,7	3,4	2,8	5,6	2,2	3,1	4,0	3,7	3,0	5,9	2,1	2,8	3,5	3,3	2,7	5,3
G	2,7	3,6	4,3	3,7	2,8	6,5	2,7	3,6	4,3	3,7	2,8	6,6	2,6	3,4	4,1	3,6	2,8	6,3	2,5	3,1	3,7	3,2	2,6	5,7
L	2,6	3,7	4,5	4,0	3,1	6,9	2,6	3,7	4,5	4,0	3,1	6,9	2,5	3,4	4,1	3,7	2,9	6,2	2,4	3,3	4,0	3,6	2,8	6,1
A	1,8	2,8	3,8	3,8	3,2	5,5	1,8	2,8	3,8	3,8	3,2	5,5	1,8	2,8	3,9	3,9	3,3	5,6	1,8	2,6	3,4	3,4	3,0	5,1
S	1,2	1,8	2,7	3,2	3,2	3,8	1,2	1,8	2,7	3,2	3,2	3,8	1,2	2,0	3,3	3,9	3,9	4,4	1,1	1,8	2,8	3,3	3,2	3,8
O	0,8	1,0	1,7	2,3	2,6	2,3	0,8	1,0	1,7	2,3	2,6	2,2	0,8	1,1	2,2	3,3	3,8	2,8	0,8	1,1	1,9	2,7	3,2	2,5
N	0,5	0,5	0,9	1,4	1,8	1,2	0,5	0,5	0,9	1,4	1,7	1,2	0,5	0,6	1,6	2,9	3,8	1,9	0,5	0,6	1,3	2,2	2,8	1,6
D	0,4	0,4	0,7	1,2	1,5	0,9	0,4	0,4	0,7	1,1	1,4	0,9	0,4	0,4	1,1	2,2	2,9	1,3	0,4	0,4	1,1	2,1	2,7	1,3

Prospetto XIV - Irradiazione globale giornaliera media mensile incidente nelle province lombarde, [kWh/m2]

Tipo di vetro	$g_\perp$	Ug [W/m2K]

Vetro singolo	0,85	5,9
Vetro singolo selettivo	0,66	3,2
Doppio vetro normale	0,75	3,3
Doppio vetro con rivestimento selettivo	0,63	2,0
Triplo vetro normale	0,70	1,8
Triplo vetro con rivestimento selettivo	0,54	1,4
Doppia finestra	0,75	-

Prospetto XV - Valori della trasmittanza per energia solare totale, $g_{\perp}$, e di trasmittanza termica, Ug, per alcune tipologie di vetri (Fonte: UNI TS 11300-1:2008)

Il fattore di riduzione dovuto all'ombreggiatura deve essere calcolato mediante l'equazione (36):

$$F_{S,i,j} = F_{h,i,j} \cdot \min\left(F_{o,i,j}; F_{f,i,j}\right) \qquad (36)$$

dove:

FS,i,j è il fattore di riduzione dovuto all'ombreggiatura per il serramento i, con esposizione j;

Fh,i,j è il fattore di ombreggiatura parziale dovuto ad ostruzioni esterne per il serramento i, con esposizione j, (Prospetto XVI);

Fo,i,j è il fattore di ombreggiatura parziale dovuto ad aggetti orizzontali per il serramento i, con esposizione j, (Prospetto XVII);

Ff,i,j è il fattore di ombreggiatura parziale dovuto ad aggetti verticali per il serramento i, con esposizione j, (Prospetto XVIII).

Angolo x	Gennaio			Febbraio			Marzo			Aprile			Maggio			Giugno		
	S	E/O	N	S	E/O	N	S	E/O	N	S	E/O	N	S	E/O	N	S	E/O	N

0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,88	0,76	0,83	0,93	0,83	0,83	0,96	0,85	0,83	0,93	0,86	0,84	0,90	0,84	0,81	0,89	0,87	0,85
20°	0,47	0,54	0,67	0,80	0,63	0,67	0,92	0,66	0,67	0,87	0,69	0,68	0,81	0,69	0,64	0,79	0,72	0,66
30°	0,05	0,39	0,52	0,40	0,45	0,52	0,87	0,49	0,52	0,81	0,52	0,54	0,73	0,53	0,51	0,69	0,56	0,52
40°	0,04	0,21	0,38	0,14	0,32	0,38	0,49	0,33	0,38	0,75	0,37	0,40	0,65	0,38	0,39	0,60	0,39	0,41

Angolo x	Luglio			Agosto			Settembre			Ottobre			Novembre			Dicembre		
	S	E/O	N	S	E/O	N	S	E/O	N	S	E/O	N	S	E/O	N	S	E/O	N
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10°	0,91	0,87	0,83	0,93	0,88	0,84	0,95	0,81	0,83	0,96	0,81	0,83	0,93	0,81	0,83	0,84	0,71	0,83
20°	0,82	0,71	0,64	0,86	0,71	0,69	0,91	0,64	0,67	0,90	0,63	0,67	0,61	0,58	0,67	0,35	0,51	0,67
30°	0,73	0,55	0,52	0,79	0,54	0,55	0,87	0,48	0,51	0,64	0,44	0,52	0,09	0,43	0,52	0,04	0,35	0,52
40°	0,65	0,38	0,41	0,73	0,39	0,42	0,83	0,32	0,37	0,06	0,33	0,38	0,04	0,23	0,38	0,03	0,21	0,38

Prospetto XVI - Fattore di riduzione dovuto ad ostruzioni esterne, Fh (Fonte: UNI TS 11300-1:2008)

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/19

E.6 Fabbisogno di energia termica dell'involucro - E.6.3 Fabbisogno di energia termica della zona - E.6.3.10 Apporti solari attraverso le strutture trasparenti esterne - [Parte

Seconda]

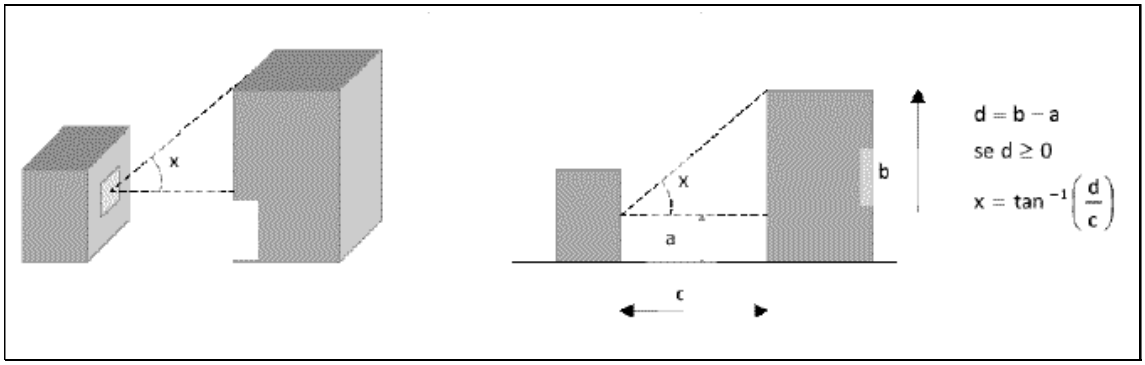


Figura 2 - Fattore di riduzione dovuto ad ostruzioni esterne, Fh

Angolo α	Gennaio			Febbraio			Marzo			Aprile			Maggio			Giugno		
	S	E/O	N	S	E/O	N	S	E/O	N	S	E/O	N	S	E/O	N	S	E/O	N
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,90	0,88	0,80	0,84	0,83	0,80	0,80	0,83	0,80	0,72	0,80	0,80	0,68	0,79	0,82	0,66	0,78	0,82
45°	0,84	0,85	0,72	0,77	0,77	0,72	0,70	0,76	0,72	0,60	0,72	0,73	0,55	0,70	0,75	0,56	0,68	0,75
60°	0,77	0,83	0,65	0,68	0,72	0,65	0,58	0,71	0,65	0,49	0,63	0,66	0,50	0,60	0,69	0,51	0,57	0,69

Angolo α	Luglio			Agosto			Settembre			Ottobre			Novembre			Dicembre		
	S	E/O	N	S	E/O	N	S	S	E/O	N	S	E/O	N	S	S	E/O	N	S
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,65	0,78	0,82	0,69	0,79	0,81	0,77	0,83	0,80	0,84	0,85	0,80	0,89	0,87	0,80	0,91	0,90	0,80
45°	0,53	0,68	0,76	0,56	0,70	0,73	0,65	0,76	0,72	0,75	0,80	0,72	0,82	0,83	0,72	0,86	0,87	0,72

60°	0,49	0,57	0,70	0,48	0,60	0,66	0,52	0,69	0,65	0,65	0,76	0,65	0,74	0,81	0,65	0,79	0,85	0,65

Prospetto XVII - Fattore di riduzione parziale dovuto ad aggetti orizzontali, Fo (Fonte: UNI TS 11300-1:2008)

Angolo α	Gennaio			Febbraio			Marzo			Aprile			Maggio			Giugno		
	S	E/O	N	S	E/O	N	S	S	E/O	N	S	E/O	N	S	S	E/O	N	S
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,92	0,68	0,89	0,90	0,82	0,89	0,88	0,83	0,89	0,88	0,88	0,88	0,88	0,91	0,85	0,89	0,92	0,85
45°	0,87	0,54	0,85	0,84	0,73	0,85	0,83	0,74	0,85	0,83	0,83	0,83	0,85	0,87	0,80	0,85	0,89	0,79
60°	0,80	0,38	0,80	0,78	0,63	0,80	0,78	0,65	0,80	0,80	0,78	0,79	0,82	0,84	0,75	0,82	0,85	0,75

Angolo α	Gennaio			Febbraio			Marzo			Aprile			Maggio			Giugno		
	S	E/O	N	S	E/O	N	S	E/O	N	S	E/O	N	S	E/O	N	S	E/O	N
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,88	0,92	0,84	0,88	0,90	0,87	0,88	0,86	0,89	0,89	0,78	0,89	0,92	0,70	0,89	0,92	0,66	0,89
45°	0,85	0,88	0,78	0,84	0,85	0,83	0,83	0,79	0,84	0,84	0,68	0,85	0,87	0,56	0,85	0,87	0,50	0,85
60°	0,82	0,85	0,74	0,81	0,81	0,78	0,79	0,72	0,79	0,78	0,56	0,80	0,80	0,42	0,80	0,80	0,34	0,80

Prospetto XVIII - Fattore di riduzione parziale dovuto ad aggetti verticali, Ff (Fonte: UNI TS 11300-1:2008)

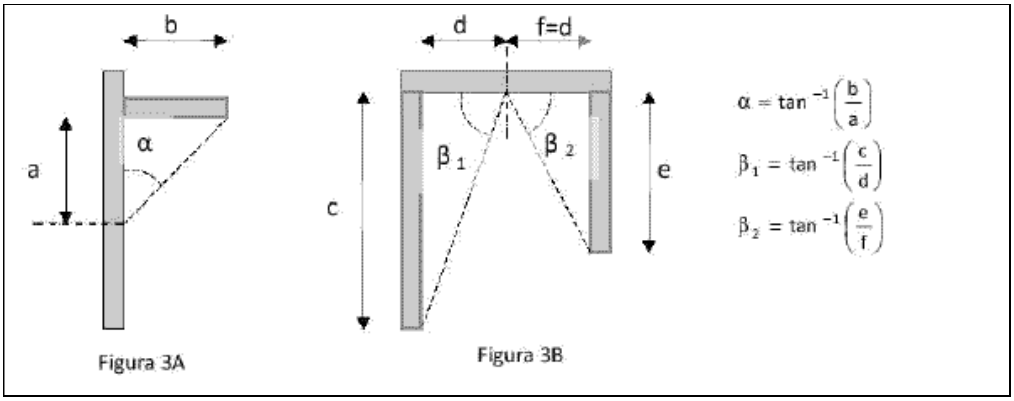


Figura 3 - Pareti opache con aggetti orizzontali e verticali (A: sezione verticale; B: sezione orizzontale)

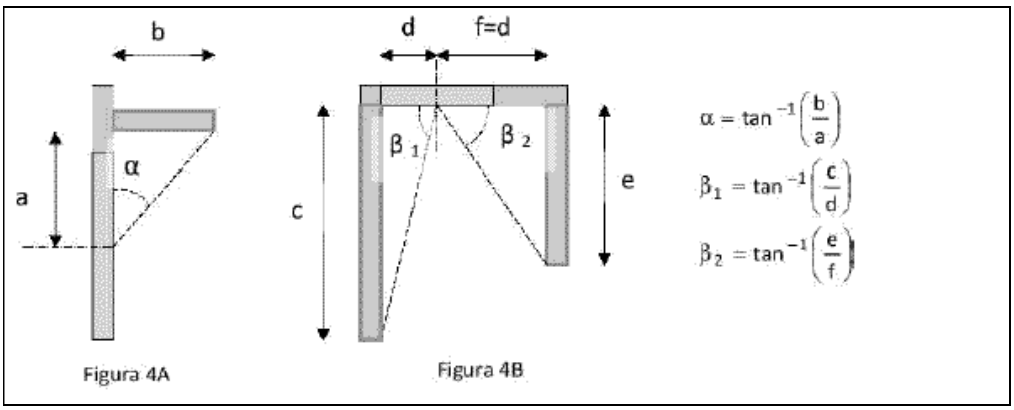


Figura 4 - Superfici trasparenti con aggetti orizzontali e verticali (A: sezione verticale; B: sezione orizzontale)

NOTA: per condizioni al contorno diverse da quelle riportate nel Prospetto XVI, Prospetto XVII, Prospetto XVIII si procede per interpolazione lineare.

Il fattore di riduzione degli apporti solari relativo all'utilizzo di schermature mobili e fisse complanari al serramento, comprensivo della riduzione dovuta all'inclinazione dei raggi solari rispetto alla superficie verticale interessata, deve essere calcolato mediante le seguenti equazioni:

$$F_{(sh+gl),i,j} = f_{shd,j} \cdot F_{sh,i,j} + \left(1 - f_{shd,j}\right) \cdot F_{gl,i} \qquad (37)$$

$$F_{sh,i,j} = \frac{g_{(sh+gl),b,i} \cdot f_{b,j} + g_{(sh+gl),d,i} \cdot (1 - f_{b,j})}{g_{\perp,i}} \qquad (38)$$

dove:

F (sh+gl),i,j è il fattore di riduzione degli apporti solari relativo all'utilizzo di schermature mobili o fisse complanari al serramento i, con esposizione j, ovvero di correzione per angolo di incidenza medio giornaliero diverso da 0° (incidenza normale), giacché tiene esplicitamente conto della riduzione dovuta all'inclinazione dei raggi solari rispetto alla superficie verticale interessata, sia per il serramento con schermature che per il serramento senza schermature;

fshd,j è la frazione di tempo in cui la schermatura solare è utilizzata, pesata sull'irradianza solare incidente, ed in funzione della sua esposizione j; i valori di riferimento sono riportati nel Prospetto XIX, ed è assunta nulla nel

calcolo del fabbisogno energetico invernale;

Fsh,i,j è il fattore di riduzione degli apporti solari dovuto all'effetto di schermature mobili permanenti, cioè integrate nell'involucro edilizio e non liberamente montabili e smontabili dall'utente, calcolato secondo l'equazione (38), comprensivo della riduzione dovuta all'inclinazione dei raggi solari rispetto alla superficie verticale interessata;

Fgl,i è il fattore di correzione che tiene conto della dipendenza angolare delle proprietà ottiche della superficie trasparente i, quando non è schermata, ed è desumibile per diverse tipologie di vetrate dal Prospetto XX;

g(sh+gl),b,i è la trasmittanza di energia solare diretta totale dell'i-esimo serramento in presenza di sistemi schermanti. Il cui calcolo viene effettuato in accordo a quanto indicato al § E.6.3.10.1;

fb,j è il fattore di peso dell'irradiazione diretta rispetto all'irradiazione totale sulla superficie con esposizione j, valori di riferimento convenzionali da impiegare per la Regione Lombardia sono riportati nel Prospetto XXI;

g(sh+gl),d,i è la trasmittanza di energia solare diffusa totale dell'i-esimo serramento in presenza di sistemi schermanti. Il calcolo viene effettuato in accordo a quanto indicato al § E.6.3.10.1;

$g_{\perp,i}$ è la trasmittanza dell'energia solare totale della superficie trasparente del serramento, i, (alcuni valori indicativi del coefficiente di trasmissione solare, $g_{\perp}$, di alcuni tipi di vetri sono riportati nel Prospetto XV: tali valori devono essere utilizzati solo quando non sono disponibili dati più precisi forniti dal costruttore).

Le schermature che vengono prese in considerazione sono solo quelle disposte verticalmente e parallele al piano contente le superfici trasparenti dell'involucro (finestre, facciate continue trasparenti, ecc.).

Mese	Nord	Est	Sud	Ovest
Gennaio	0,00	0,52	0,81	0,39
Febbraio	0,00	0,48	0,82	0,55
Marzo	0,00	0,66	0,81	0,63
Aprile	0,00	0,71	0,74	0,62
Maggio	0,00	0,71	0,62	0,64
Giugno	0,00	0,75	0,56	0,68
Luglio	0,00	0,74	0,62	0,73

Agosto	0,00	0,75	0,76	0,72
Settembre	0,00	0,73	0,82	0,67
Ottobre	0,00	0,72	0,86	0,60
Novembre	0,00	0,62	0,84	0,30
Dicembre	0,00	0,50	0,86	0,42

Prospetto XIX - Fattore di riduzione fshd per le schermature mobili, nel caso di orientamenti non considerati si procede per interpolazione lineare (Fonte: UNI TS 11300-1:2008)

Fgl (trasmittanza termica, fattore solare)	$g_\perp$ <5	0,5≤$g_\perp$ <0,7	0,7≤$g_\perp$ <0,9	$g_\perp$≥0,9
Ug ≥ 2,5 W/(m2K)	0,85	0,85	0,90	0,95
1 W/(m2K) ≤ Ug < 2,5 W/(m2K)	0,80	0,85	0,90	0,90
Ug < 1 W/(m2K)	0,80	0,85	0,85	0,90

Prospetto XX - Valori dei coefficienti correttivi Fgl per diverse tipologie di vetrate (derivanti da una correlazione empirica per le diverse tipologie di vetri e rivestimenti assumendo la distribuzione della radiazione diffusa) (Fonte: A. Roos et al. 2000]

fb (mese, esposizione)	Sud	Est/Ovest	Nord	Orizzontale
Gennaio	0,75	0,50	0	0,40
Febbraio	0,70	0,50	0	0,50
Marzo	0,65	0,55	0	0,55

Aprile	0,55	0,55	0,10	0,60
Maggio	0,40	0,55	0,25	0,60
Giugno	0,35	0,55	0,30	0,65
Luglio	0,45	0,60	0,35	0,70
Agosto	0,50	0,60	0,15	0,65
Settembre	0,65	0,60	0	0,60
Ottobre	0,75	0,55	0	0,55
Novembre	0,75	0,50	0	0,45
Dicembre	0,75	0,50	0	0,40

Prospetto XXI - Fattori di peso fb della radiazione solare diretta sulla totale (ricavati per la Regione Lombardia con approssimazione conservativa per il fabbisogno estivo), nel caso di orientamenti non considerati si procede per interpolazione lineare.

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/20

E.6 Fabbisogno di energia termica dell'involucro - E.6.3 Fabbisogno di energia termica della zona - E.6.3.10 Apporti solari attraverso le strutture trasparenti esterne - E.6.3.10.1 Calcolo della trasmittanza di energia solare totale, diretta e diffusa, in presenza di sistemi schermanti

E.6.3.10.1 Calcolo della trasmittanza di energia solare totale, diretta e diffusa, in presenza di sistemi schermanti

La valutazione della trasmittanza di energia solare totale di un componente di involucro trasparente dotato di sistema schermante viene effettuata in accordo alla norma UNI EN 13363-1:2008, per quanto riguarda la componente diretta, g(sh+gl),b. Per il calcolo della componente diffusa, g(sh+gl),d, si procede in modo analogo alla diretta modificando opportunamente i fattori di trasmissione e riflessione della schermatura. Le tipologie

trattate da tale norma e di seguito riportate sono limitate al caso di elementi schermanti disposti sul piano parallelo a quello del sistema trasparente e del seguente tipo:

- tende avvolgibili;

- tende veneziane;

- persiane;

- frangisole a lamelle orizzontali o verticali.

Per il calcolo della prestazione di tali sistemi, ad esclusione del primo (tende avvolgibili), la trasmittanza di energia solare totale (comprendente oltre all'energia della radiazione solare entrante attraverso il sistema trasparente anche l'energia solare assorbita dal sistema e trasferita termicamente all'interno) va distinta facendo riferimento alle componenti diretta, g(sh+gl),b, e diffusa, g(sh+gl),d, essendo le prestazioni dei sistemi a lamelle significativamente differenti per le due tipologie di radiazione incidente. Di contro per le tende avvolgibili, tale differenza è trascurabile e quindi, in tal caso, i parametri fisici che definiscono le due diverse trasmittanze sono assunti coincidenti. In ogni caso, per entrambe le tipologie, i valori della trasmittanza tengono implicitamente conto della dipendenza angolare giornaliera della radiazione diretta incidente, anche se risultano riferite alla trasmittanza di energia solare totale normale del sistema vetrato da queste schermato, $g_{\perp}$.

Per alcune tipologie di sistema trasparente non direttamente contemplate nella citata norma, viene riportata di seguito un'estensione dell'applicazione della UNI EN 13363-1:2008 che associa ad ognuna di esse la tipologia prevista con prestazioni estive più simili, ma potenzialmente meno favorevoli (valutazione conservativa), qui definita come "sistema equivalente". Per queste e altre configurazioni con schermature integrate ed intercapedini ventilate non incluse in questa procedura è pertanto suggerito il ricorso ad una valutazione delle prestazioni energetiche attraverso l'uso di opportuni codici di simulazione dinamica che impieghino il metodo di calcolo dettagliato descritto nella norma UNI EN 13363-2:2006 o analoghi modelli sviluppati e validati da Università o Enti di Ricerca.

a) Schermature solari poste all'esterno dell'elemento di involucro trasparente, con intercapedine tra schermo e superficie chiusa e ventilata (approccio conservativo)

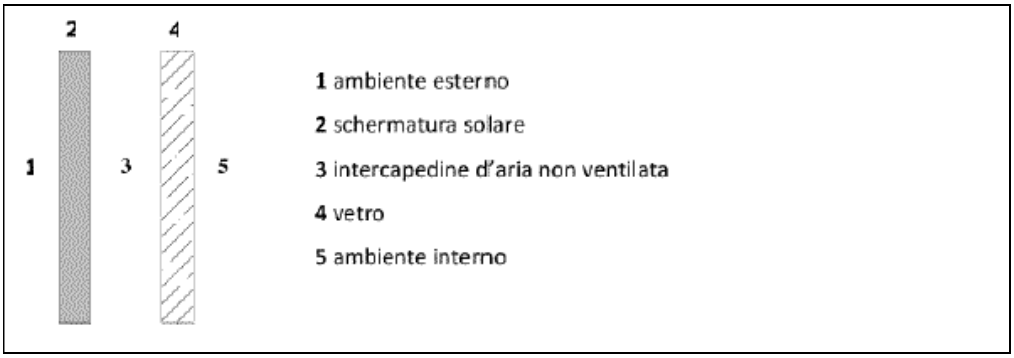


Figura 5 - Schematizzazione di una schermatura solare esterna

Le trasmittanze di energia solare totale diretta e diffusa della finestra in presenza di sistema schermante esterno, se non fornita dal produttore, sono calcolate con le seguenti formule:

$$g_{(sh+gl),b} = \tau_{e,b} \cdot g_{\perp} + \alpha_{e,b} \cdot \frac{G}{G_2} + \tau_{e,b} \cdot (1 - g_{\perp}) \cdot \frac{G}{G_1} \quad (39)$$

$$g_{(sh+gl),d} = \tau_{e,d} \cdot g_{\perp} + \alpha_{e,d} \cdot \frac{G}{G_2} \cdot + \tau_{e,d} \cdot (1 - g_{\perp}) \cdot \frac{G}{G_1} \quad (40)$$

dove:

G1 è assunto dalla normativa pari a 5 W/m2K;

G2 è assunto dalla normativa pari a 10 W/m2K;

G è espressa in W/m2K e definita come:

$$G = \left(\frac{1}{G_1} + \frac{1}{U_g} + \frac{1}{G_2} \right)^{-1} \quad (41)$$

con:

Ug è la trasmittanza termica del vetro, [W/m2K];

$g_{\perp}$ è la trasmittanza dell'energia solare totale della superficie trasparente del serramento, i, (alcuni valori indicativi del coefficiente di trasmissione solare, g?, di alcuni tipi di vetri sono riportati nel Prospetto XV: tali valori devono essere utilizzati solo quando non sono disponibili dati più precisi forniti dal costruttore);

τeb/d è il fattore di trasmissione solare del dispositivo schermante, rispettivamente per la radiazione diretta (b) e per la diffusa (d); per i dispositivi schermanti a lamelle orientabili (veneziane) è ricavabile dalle equazioni (50) e (52); per le tende avvolgibili risultano coincidenti e in assenza di dati specifici possono essere ricavati dal Prospetto XXII;

αeb/d è la frazione di energia solare assorbita dal componente schermante, rispettivamente per la radiazione diretta (b) e per la diffusa (d), ottenuta secondo le equazioni (42) e (43) seguenti:

$$\alpha_{e,b} = 1 - \tau_{e,b} - \rho_{e,b} \quad (42)$$

$$\alpha_{e,d} = 1 - \tau_{e,d} - \rho_{e,d} \quad (43)$$

con:

ρeb/d è il fattore di riflessione solare del dispositivo schermante, rispettivamente per la radiazione diretta (b) e per la diffusa (d); per i dispositivi schermanti a lamelle orientabili (veneziane) è ricavabile dalle equazioni (51) e (53); per le tende avvolgibili risultano coincidenti e in assenza di dati specifici possono essere ricavati dal Prospetto XXII;

b) Schermature solari poste all'interno dell'elemento di involucro trasparente sia con intercapedine d'aria ventilata verso l'interno sia chiusa (valutazione conservativa)

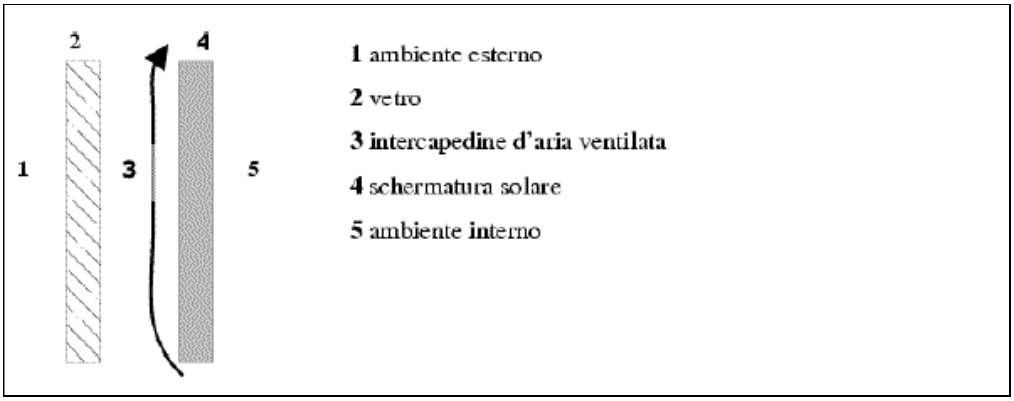


Figura 6 - Schematizzazione di una schermatura solare interna con intercapedine d'aria ventilata

Le trasmittanze di energia solare totale diretta e diffusa della finestra in presenza di sistema schermante interno, se non fornite dal produttore, sono calcolate con le seguenti formule:

$$g_{(sh+gl),b} = g_{\perp} \cdot \left(1 - g_{\perp} \cdot \rho_{e,b} - \alpha_{e,b} \cdot \frac{G}{G_2}\right) \quad (44)$$

$$g_{(sh+gl),d} = g_{\perp} \cdot \left(1 - g_{\perp} \cdot \rho_{e,d} - \alpha_{e,d} \cdot \frac{G}{G_2}\right) \quad (45)$$

dove:

G2 è assunto dalla normativa pari a 30 W/m2K;

G è espressa in W/m2K e definita come:

$$G = \left(\frac{1}{U_g} + \frac{1}{G_2}\right)^{-1} \quad (46)$$

con:

Ug è la trasmittanza termica del vetro, [W/m2K];

$g_{\perp}$ è la trasmittanza dell'energia solare totale della superficie trasparente del serramento, i, (alcuni valori indicativi del coefficiente di trasmissione solare, $g_{\perp}$, di alcuni tipi di vetri sono riportati nel Prospetto XV: tali valori devono essere utilizzati solo quando non sono disponibili dati più precisi forniti dal costruttore);

$\alpha_{eb/d}$ è la frazione di energia solare assorbita dal componente schermante, rispettivamente per la radiazione diretta (b) e per la diffusa (d), ottenuta secondo le equazioni (42) e (43); per le tende avvolgibili risultano coincidenti e in assenza di dati specifici possono essere ricavati dal Prospetto XXII;

$\rho_{eb/d}$ fattore di riflessione solare del dispositivo schermante, rispettivamente per la radiazione diretta (b) e per la diffusa (d); per i dispositivi schermanti a lamelle orientabili (veneziane) è ricavabile dalle equazioni (51) e (53); per le tende avvolgibili risultano coincidenti e in assenza di dati specifici possono essere ricavati dal Prospetto XXII.

c) Schermature solari integrate con intercapedine d'aria non ventilata ambiente esterno vetro senza rivestimento

schermatura solare intercapedine d'aria non ventilata vetro con o senza rivestimento ambiente interno

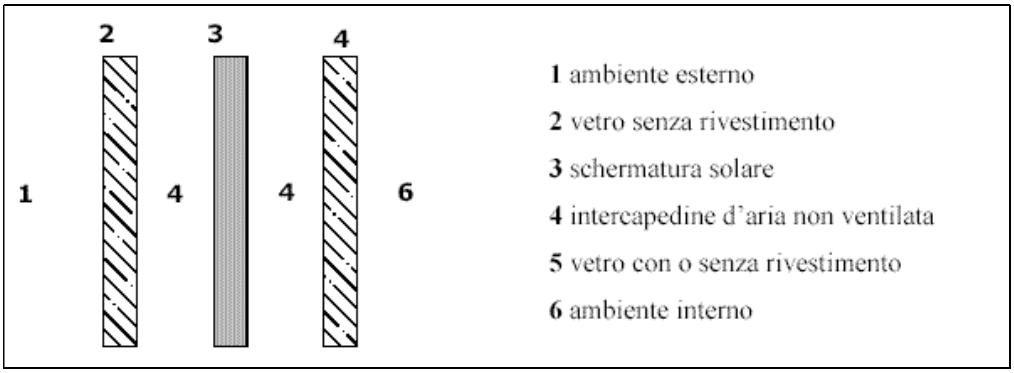


Figura 7 - Schematizzazione di una schermatura solare integrata con intercapedine non ventilata

Le trasmittanze di energia solare totale della finestra in presenza di sistema schermante integrato, se non fornite dal produttore, sono calcolate con le seguenti formule:

$$g_{(sh+gl),b} = g_{\perp} \cdot \tau_{e,b} + g_{\perp} \cdot \left(\alpha_{e,b} + (1 - g_{\perp}) \cdot \rho_{e,b}\right) \cdot \frac{G}{G_3} \qquad (47)$$

$$g_{(sh+gl),d} = g_{\perp} \cdot \tau_{e,d} + g_{\perp} \cdot \left(\alpha_{e,d} + (1 - g_{\perp}) \cdot \rho_{e,d}\right) \cdot \frac{G}{G_3} \qquad (48)$$

dove:

G3 è assunto dalla normativa pari a 3 W/m2K;

G è espressa in W/m2K e definita come:

$$G = \left(\frac{1}{U_g} + \frac{1}{G_3}\right)^{-1} \qquad (49)$$

dove:

$g_{\perp}$ è la trasmittanza dell'energia solare totale della vetrata senza l'inserimento della schermatura solare (elemento 3 in Figura 7), (alcuni valori indicativi del coefficiente di trasmissione solare, $g_{\perp}$, di alcuni tipi di vetri sono riportati nel Prospetto XV: tali valori devono essere utilizzati solo quando non sono disponibili dati più precisi forniti dal costruttore);

τeb/d è il fattore di trasmissione solare del dispositivo schermante, rispettivamente per la radiazione diretta (b) e per la diffusa (d); per i dispositivi schermanti a lamelle orientabili (veneziane) è ricavabile dalle equazioni (50) e (52); per le tende avvolgibili risultano coincidenti e in assenza di dati specifici possono essere ricavati dal Prospetto XXII;

αeb/d è la frazione di energia solare assorbita dal componente schermante, rispettivamente per la radiazione diretta (b) e per la diffusa (d), ottenuta secondo le equazioni (42) e (43); per le tende avvolgibili risultano coincidenti e in assenza di dati specifici possono essere ricavati dal Prospetto XXII;

ρeb/d è il fattore di riflessione solare del dispositivo schermante, rispettivamente per la radiazione diretta (b) e per la diffusa (d); per i dispositivi schermanti a lamelle orientabili (veneziane) è ricavabile dalle equazioni (51) e

(53); per le tende avvolgibili risultano coincidenti e in assenza di dati specifici possono essere ricavati dal Prospetto XXII.

d) Schermature solari interposte tra due vetrate costituenti l'elemento di involucro trasparente, con ventilazione naturale o forzata dell'intercapedine e presa ed espulsione dell'aria all'esterno della zona climatizzata.

Il sistema reale, indicato in Figura 8 - a, viene schematizzato con il sistema equivalente (Figura 8 - b)

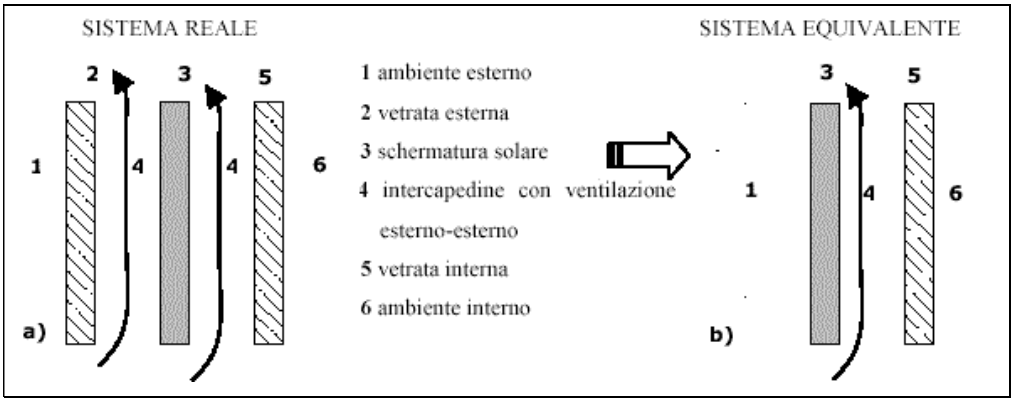


Figura 8 - Schematizzazione di una schermatura solare integrata con intercapedine ventilata esterno su esterno e del suo sistema equivalente ai fini del calcolo semplificato del fabbisogno estivo

In assenza di un'analisi dinamica della prestazioni energetiche di questi sistemi d'involucro (secondo i presupposti menzionati all'inizio del paragrafo), ai soli fini del fabbisogno termico estivo, si assegnano alle trasmittanze di energia solare totale diretta e diffusa del "sistema reale", schematizzato in Figura 8 - a, i valori che si desumono dall'applicazione delle equazioni (39) e (40) (per schermi esterni) al suo "sistema equivalente" (Figura 8 - b), ottenuto escludendo il sistema vetrato esterno.

e) Schermature solari interposte tra due vetrate costituenti l'elemento di involucro trasparente, con ventilazione naturale o forzata dell'intercapedine, presa dell'aria all'interno della zona climatizzata ed espulsione all'interno o all'esterno (l'espulsione verso l'esterno, in assenza di un analisi che tenga propriamente conto dei ricambi d'aria effettuati con la ventilazione attraverso la doppia pelle, viene ricondotta in via conservativa all'espulsione verso l'interno). Il sistema reale, indicato in Figura 9 - a, viene schematizzato con il sistema equivalente (Figura 9 - b).

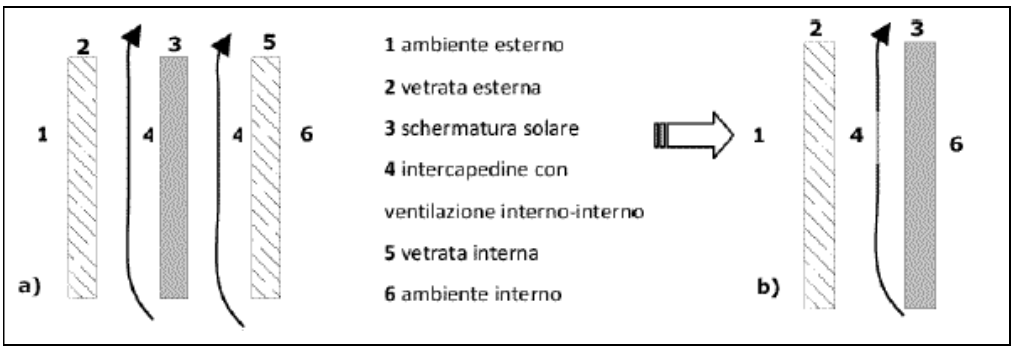


Figura 9 - Schematizzazione di una schermatura solare integrata con intercapedine ventilata interno su interno e del suo sistema equivalente ai fini del calcolo semplificato del fabbisogno estivo

In assenza di un'analisi dinamica delle prestazioni energetiche di questi sistemi d'involucro (secondo i presupposti menzionati all'inizio del paragrafo), ai soli fini del fabbisogno termico estivo, si assegnano alle trasmittanze di energia solare totale diretta e diffusa del "sistema reale", schematizzato in Figura 9 - a, i valori che si desumono dall'applicazione delle equazioni (44) e (45) (per schermi interni) al suo "sistema equivalente" (Figura 9 - b), ottenuto escludendo il sistema vetrato interno.

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/21

E.6 Fabbisogno di energia termica dell'involucro - E.6.3 Fabbisogno di energia termica della zona - E.6.3.10 Apporti solari attraverso le strutture trasparenti esterne - E.6.3.10.2 Trasmittanza, riflettanza e assorbanza solari delle schermature

E.6.3.10.2 Trasmittanza, riflettanza e assorbanza solari delle schermature

I valori di $\tau_{eb/d}$, $\rho_{eb/d}$, e, $\alpha_{eb/d}$ sono specifici della schermatura solare adottata, per cui devono essere forniti direttamente dal produttore; solo in assenza di dati certi si può fare riferimento ai valori riportati nel Prospetto XXII; dove le proprietà indicate sono tutte riferite a radiazione diretta con angolo di incidenza normale ($\perp$).

Valori di $T_{e,B,\perp}$ in funzione della trasparenza della schermatura		$\rho_{e,B,\perp}$				$\alpha_{e,B,\perp}$			
		Bianco	Pastello	Scuro	Nero	Bianco	Pastello	Scuro	Nero
Opaca	0,0	0,7	0,5	0,3	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9
Mediamente traslucida o perforata	0,2	0,6	0,4	0,2	0,1	0,2	0,4	0,6	0,7
Altamente traslucida o perforata	0,4	0,4	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5

Prospetto XXII - Valori convenzionali di $\tau_{e,B}$, $\rho_{e,B}$, $\alpha_{e,B}$ normali (Fonte: UNI EN 13363-1:2008)

Nel caso di sistemi a lamelle orientabili (come ad esempio veneziane) i fattori di trasmissione e riflessione solare convenzionali del dispositivo schermante per la radiazione diretta e diffusa sono quelli ricavabili per un angolo di apertura di circa 45° (o comunque tale da intercettare al massimo la radiazione diretta) dalle seguenti equazioni:

$$\tau_{e,b}(45°) = 0,65 \cdot \tau_{e,B,\perp} + 0,15 \cdot \rho_{e,B,\perp} \quad (50)$$

$$\rho_{e,b}(45°) = \rho_{e,B,\perp}(0,75 + 0,70 \cdot \tau_{e,B,\perp}) \quad (51)$$

$$\tau_{e,d}(45°) = 0,30 + 0,70 \cdot \tau_{e,b}(45°) \quad (52)$$

$$\rho_{e,d}(45°) = 0,70 \cdot \rho_{e,b}(45°) \quad (53)$$

dove:

$\tau_{e,B\perp}$ è la trasmittanza solare della lamella ad incidenza ortogonale sulla superficie della lamella; in assenza di dati certi forniti dal produttore si possono desumere dal Prospetto XXII;

$\rho_{e,B\perp}$ è la riflettanza solare della lamella ad incidenza quasi normale sulla superficie della lamella; in assenza di dati certi forniti dal produttore si possono desumere dal Prospetto XXII.

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/22

E.6 Fabbisogno di energia termica dell'involucro - E.6.3 Fabbisogno di energia termica della zona - E.6.3.11 Apporti solari mensili attraverso le strutture opache esterne

E.6.3.11 Apporti solari mensili attraverso le strutture opache esterne

Gli apporti solari mensili attraverso le strutture opache esterne (pareti, lastrici solari e tetti) sono definiti dalla seguente relazione:

$$Q_{SE,O} = N \cdot \sum_j \overline{H}_{s,j} \cdot \left(\sum_i \alpha_i \cdot A_{L,i} \cdot F_S \cdot F_{er,i} \cdot \frac{U_i}{h_e} \right)_j \quad (54)$$

dove:

$Q_{SE,O}$ è la quantità di energia solare assorbita dalle pareti opache esterne e trasferita all'ambiente a temperatura controllata o climatizzato, [kWh];

N è il numero di giorni del mese considerato;

$\overline{H}_{s,j}$ è l'irradiazione globale giornaliera media mensile incidente sulla superficie trasparente con esposizione, j (Prospetto XIV), [kWh/m2];

α_i è il fattore di assorbimento solare medio della superficie assorbente della parete opaca, i, rivolta verso

l'esterno (Prospetto XXIII);

AL,i è la superficie lorda della parete opaca, i, rivolta verso l'esterno, [m2];

FS è il fattore di riduzione dovuto all'ombreggiatura, così come definito dall' equazione (36).

Fer,i è il coefficiente di riduzione che tiene conto dell'incidenza del flusso radiativo emesso dalla superficie, i, verso la volta celeste (Prospetto XXIII);

Ui è la trasmittanza termica della parete opaca, i, rivolta verso l'esterno, [W/m2K];

he è il coefficiente di scambio termico superficiale esterno, pari a 25 W/m2K.

Tipo di colorazione della parete	α	Tipo di parete	Fer
Chiaro	0,3	Orizzontale	0,8
Medio	0,6	Inclinata	0,9
Scuro	0,9	Verticale	1,0

Prospetto XXIII - Valori del fattore di assorbimento solare medio della superficie assorbente della parete opaca rivolta verso l'esterno, a, e coefficiente di riduzione che tiene conto dell'incidenza del flusso radiativo emesso dalla superficie verso la volta celeste, Fer (Fonte: UNI TS 11300-1:2008)

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/23

E.6 Fabbisogno di energia termica dell'involucro - E.6.3 Fabbisogno di energia termica della zona - E.6.3.12 Spazi soleggiati

E. 6.3.12 Spazi soleggiati

La procedura di seguito descritta viene applicata al caso di spazi soleggiati addossati all'involucro dell'edificio (ad esempio verande o logge chiuse con elementi vetrati o serre addossate), in cui è presente una parete divisoria (l'involucro) tra il volume climatizzato o a temperatura controllata e quello soleggiato ad esso esterno.

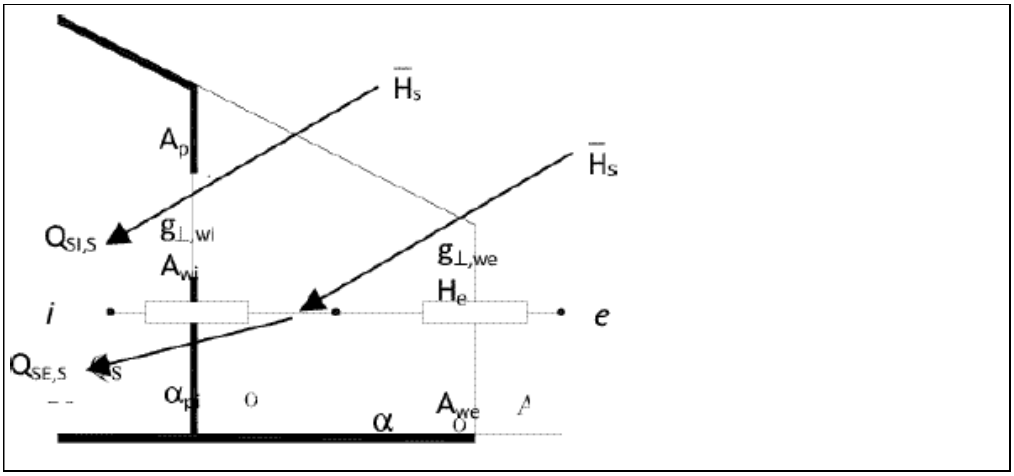


Figura 10 - Schema elettrico equivalente per uno spazio soleggiato contiguo a uno spazio interno all'edificio

Se lo spazio soleggiato è dotato di impianto termico oppure è presente un'apertura permanente fra lo spazio climatizzato o a temperatura controllata e quello soleggiato, allora il volume di quest'ultimo deve essere considerato come un'estensione diretta della zona climatizzata o a temperatura controllata.

Le perdite per trasmissione attraverso lo spazio soleggiato, Qt,s, vengono determinate attraverso la seguente relazione:

$$Q_{T,S} = H_{T,S} \cdot \Delta\theta \cdot \Delta t \qquad (55)$$

dove:

Qt,s è la quantità totale di energia trasferita per trasmissione attraverso uno spazio soleggiato adiacente alla zona climatizzata o a temperatura controllata, [kWh];

HT S è il coefficiente di scambio termico per trasmissione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente esterno attraverso lo spazio soleggiato, [W/K];

$\Delta\theta$ è la differenza tra la temperatura interna prefissata della zona termica considerata, θi, e la temperatura media giornaliera esterna, θe, si veda § E.6.3.7, [°C];

Δt è la durata del mese considerato (si veda la (17)), [kh].

Il coefficiente di scambio termico per trasmissione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente esterno attraverso lo spazio soleggiato, HT,S, viene calcolato attraverso la seguente relazione:

$$H_{T,S} = H_i \cdot b_s \qquad (56)$$

con:

$$b_S = \frac{H_e}{H_i + H_e} \qquad (57)$$

dove:

HT,S è il coefficiente di scambio termico per trasmissione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente esterno attraverso lo spazio soleggiato, [W/K];

Hi è il coefficiente di scambio termico tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e lo spazio soleggiato, [W/K];

He è il coefficiente di scambio termico tra lo spazio soleggiato e l'ambiente esterno, [W/K].

Il coefficiente di scambio termico tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e lo spazio soleggiato è calcolato come segue:

$$H_i = \sum_{j=1}^{N_{pi}} \left(A_{L,pi} \cdot U_{pi}\right)_j + \sum_{k=1}^{N_{wi}} \left(A_{L,wi} \cdot U_{wi}\right)_k + H_{V,i} \qquad (58)$$

dove:

Hi è il coefficiente di scambio termico tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e lo spazio soleggiato, [W/K];

ALpi,j è l'area lorda della parete opaca divisoria j-esima tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e lo spazio soleggiato, [m2];

Upi,j è la trasmittanza della parete opaca divisoria j-esima tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e lo spazio soleggiato, [W/m2K];

ALwik è l'area lorda dell'elemento trasparente k-esimo posto tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e lo spazio soleggiato, [m2];

Uwi,k è la trasmittanza dell'elemento trasparente k-esimo posto tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e lo spazio soleggiato, [W/m2K];

HV,i è il coefficiente di scambio termico per ventilazione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e lo spazio soleggiato, [W/K];

Npi è il numero totale di pareti opache divisorie tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e lo spazio soleggiato;

Nwi è il numero totale di elementi trasparenti posti tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e lo spazio soleggiato.

Il coefficiente di scambio termico per ventilazione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e lo spazio soleggiato è definito come segue:

$$H_{V,i} = \rho_a \cdot c_a \cdot \dot{V}_{s\text{-}i} \qquad (59)$$

dove:

$\rho_a \cdot c_a$ è la capacità termica volumica dell'aria, pari a 0,34 Wh/m3K;

HV,i è il coefficiente di scambio termico per ventilazione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e lo spazio soleggiato, [W/K];

$\dot{V}_{s-i}$ è la portata d'aria tra lo spazio soleggiato e la zona climatizzata o a temperatura controllata [m3/h], data dalla (60);

con

$\dot{V}_{s-i} = V_s \cdot n$	per il calcolo del fabbisogno invernale
$\dot{V}_{s-i} = 0$	per il calcolo del fabbisogno estivo (60)

dove:

Vs è il volume netto dello spazio soleggiato, [m3];

n è il numero di ricambi d'aria impiegato nell'equazione (29) per la sola aerazione o ventilazione naturale, comprese le infiltrazioni; n=0 in presenza di ventilazione meccanica, [h-1].

Il coefficiente di scambio termico tra lo spazio soleggiato e l'ambiente esterno viene definito come segue:

$$H_e = \sum_{i=1}^{N_{pe}} \left(A_{L,pe} \cdot U_{pe}\right)_i + \sum_{j=1}^{N_{we}} \left(A_{L,we} \cdot U_{we}\right)_j + H_{V,S} \qquad (61)$$

dove:

He è il coefficiente di scambio termico tra lo spazio soleggiato e l'ambiente esterno, [W/K];

ALpei è l'area lorda della superficie i-esima di parete opaca o pavimento o soffitto divisori tra lo spazio soleggiato e l'ambiente esterno, [m2];

Upe,i è la trasmittanza della superficie i-esima di parete opaca o pavimento o soffitto divisori tra lo spazio soleggiato e l'ambiente esterno, [W/m2K];

AL,we,j è l'area lorda dell'elemento trasparente j-esimo posto tra lo spazio soleggiato e l'ambiente esterno, [m2];

Uwej è la trasmittanza dell'elemento trasparente j-esimo posto tra lo spazio soleggiato e l'ambiente esterno, [W/m2K];

HV,S è il coefficiente di scambio termico per ventilazione tra spazio soleggiato e l'ambiente esterno, [W/K];

Npe è il numero totale di superfici opache divisorie tra lo spazio soleggiato e l'ambiente esterno;

Nwi è il numero totale di elementi trasparenti posti tra lo spazio soleggiato e l'ambiente esterno.

Il coefficiente di scambio termico per ventilazione dello spazio soleggiato è definito come segue:

$$H_{V,S} = \rho_a \cdot c_a \cdot \dot{V}_s \qquad (62)$$

dove:

HV,S è il coefficiente di scambio termico per ventilazione tra spazio soleggiato e l'ambiente esterno, [W/K];

$\rho_a \cdot c_a$ è la capacità termica volumica dell'aria, pari a 0,34 Wh/m3K;

$\dot{V}_S$ è la portata d'aria esterna di ventilazione nello spazio soleggiato, [m3/h].

La portata d'aria esterna di ricambio nello spazio soleggiato viene definita mediante la seguente relazione:

$$\dot{V}_s = V_s \cdot n \qquad (63)$$

dove:

$\dot{V}_S$ è la portata d'aria esterna di ventilazione nello spazio soleggiato, [m3/h];

Vs è il volume netto dello spazio soleggiato, [m3];

n è il numero di ricambi d'aria, da assumere pari a quello impiegato nella (60) per il calcolo del fabbisogno energetico di riscaldamento; mentre per il calcolo del fabbisogno energetico di raffrescamento si usa il valore convenzionale di 0,5.

Il contributo solare indiretto, Qse,s, dovuto sia al surriscaldamento dell'ambiente non climatizzato soleggiato per effetto della radiazione solare assorbita dalle varie superfici sia alla radiazione solare direttamente assorbita dalle parti opache della parete divisoria tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e lo spazio soleggiato, viene calcolato come segue:

$$Q_{SE,S} = N \cdot \overline{\left(g_{\perp,we} \cdot (1-F_F)_{we} \cdot F_w \cdot F_{(sh,gl)}\right)} \cdot \left[(1-b_s) \cdot \sum_{j=1}^{N_{pa}} \left(A_{L,pa} \cdot \alpha_{pa} \cdot F_S \cdot \bar{H}_s \right)_j + b_s \cdot \sum_{k=1}^{N_{pi}} \left(\bar{H}_{s,pi} \cdot F_S \cdot A_{L,pi} \cdot \alpha_{pi} \cdot \frac{U_{pi}}{h_i} \right)_k \right] \qquad (64)$$

con

$$\frac{\left(g_{\perp,we} \cdot (1-F_F)_{we} \cdot F_w \cdot F_{(sh,gl)}\right)}{\overline{\left(g_{\perp,we} \cdot (1-F_F)_{we} \cdot F_w \cdot F_{(sh,gl)}\right)}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{ow}} \left(A_{L,we} \cdot g_{\perp,we} \cdot (1-F_F)_{we} \cdot F_w \cdot F_{(sh,gl)} \right)_i}{\sum_{i=1}^{N_{ow}} \left(A_{L,we} \right)_i} \qquad (65)$$

dove:

Qse,s è la quantità di energia solare trasferita all'ambiente climatizzato o a temperatura controllata dovuta a spazi

soleggiati a temperatura non controllata addossati all'involucro, [kWh];

N è il numero dei giorni del mese considerato;

$g_{\perp,we,i}$ è la trasmittanza dell'energia solare totale della superficie trasparente del serramento i-esimo posto tra lo spazio soleggiato e l'esterno (alcuni valori indicativi del coefficiente di trasmissione solare, **gif**, di alcuni tipi di vetri sono riportati nel Prospetto XV: tali valori devono essere utilizzati solo quando non sono disponibili dati più precisi forniti dal costruttore);

1-FF è il coefficiente di riduzione dovuto al telaio del serramento i-esimo, pari al rapporto tra l'area trasparente e l'area totale dell'unità vetrata (si assume un valore convenzionale pari a 0,80);

Fw è il fattore di correzione che tiene conto dell'inclinazione dei raggi solari rispetto alla superficie verticale interessata, assunto pari a 0,9;

F(sh,gl) è il fattore di riduzione degli apporti solari relativo all'utilizzo di schermature mobili o fisse complanari elemento trasparente della serra considerato, calcolato secondo l'equazione (37);

bs coefficiente di ponderazione, calcolato tramite la (57);

AL,j è la superficie lorda di ogni elemento opaco assorbente j-esimo (pedice, pi, per indicare le sole superfici delle pareti opache assorbenti poste tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e lo spazio soleggiato e pedice, pa, per ogni generica superficie dello spazio soleggiato, comprese le prime), [m2];

j è l'indice della sommatoria per esposizione che si riferisce a tutte le superfici opache dello spazio soleggiato, comprese le superfici delle pareti opache poste tra l'ambiente climatizzata o a temperatura controllata e lo spazio soleggiato;

k è l'indice della sommatoria per esposizione che si riferisce a tutte le pareti opache divisorie tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e lo spazio soleggiato;

$\overline{H}_s$ è l'irradiazione globale giornaliera media mensile incidente sulla superficie trasparente con esposizione j o k (Prospetto XIV), [kWh/m2];

FS è il fattore di riduzione dovuto all'ombreggiatura, così come definito dall' equazione (36);

α è il fattore di assorbimento solare medio della superficie assorbente della parete assorbente della serra (pedice, pa, per la generica superficie opaca assorbente dello spazio soleggiato e pedice, pi, per le sole superfici delle pareti opache assorbenti poste tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e lo spazio soleggiato), (Prospetto XXIII);

Upi,k è la trasmittanza termica della k-esima parete opaca posta tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e lo spazio soleggiato, [W/m2k];

hi è il coefficiente di scambio termico superficiale interno, pari a 7,7 W/m2K;

AL,we,i è la superficie lorda del serramento i-esimo posto tra lo spazio soleggiato e l'esterno, [m2].

Il contributo solare diretto, QSI,S, si calcola come doppia trasmissione dell'energia solare, attraverso il vetro dello spazio soleggiato e attraverso il vetro delle finestre tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e lo

spazio soleggiato:

$$Q_{SI,S} = N \cdot \overline{\left(g_{\perp,we} \cdot (1-F_F)_{we} \cdot F_w \cdot F_{(sh,gl)}\right)} \cdot \sum_{k=1}^{N_{wi}} \left(g_{\perp,wi} \cdot (1-F_F)_{wi} \cdot F_w \cdot A_{L,wi} \cdot F_S \cdot \overline{H}_{s,pi}\right)_k \quad (66)$$

dove:

QSI,S è l'apporto solare diretto (interno) dovuto alla radiazione solare che passa prima attraverso il vetro dello spazio soleggiato e poi attraverso il vetro della finestra tra la zona climatizzata e lo spazio soleggiato, [kWh];

N è il numero dei giorni del mese considerato;

$g_\perp$ è la trasmittanza dell'energia solare totale della generica superficie trasparente di un serramento (pedice, we, per il vetro posto tra lo spazio non climatizzato soleggiato e l'esterno, pedice, wi, per il vetro posto sulla parete divisoria tra lo spazio a temperatura controllata e quello soleggiato; alcuni valori indicativi del coefficiente di trasmissione solare, $g_\perp$, di alcuni tipi di vetri sono riportati nel Prospetto XV: tali valori devono essere utilizzati solo quando non sono disponibili dati più precisi forniti dal costruttore);

1-FF è il coefficiente di riduzione dovuto al telaio, pari al rapporto tra l'area trasparente e l'area totale del generico serramento (si assume un valore convenzionale pari a 0,80);

Fw è il fattore di correzione che tiene conto dell'inclinazione dei raggi solari rispetto alla superficie verticale interessata, assunto pari a 0,9 (pedice, we, per il vetro posto tra lo spazio non climatizzato soleggiato e l'esterno, pedice, wi, per il vetro posto sulla parete divisoria tra lo spazio a temperatura controllata e quello soleggiato);

ALwi è l'area lorda della superficie del serramento trasparente k-esimo posto tra lo spazio a temperatura controllata e quello soleggiato, [m2];

FS è il fattore di riduzione dovuto all'ombreggiatura, così come definito dalla equazione (36);

$\overline{H}_{s,pi}$ è l'irradiazione globale giornaliera media mensile incidente sul serramento k-esimo posto tra lo spazio a temperatura controllata e quello soleggiato (Prospetto XIV), [kWh/m2].

e il termine $\overline{\left(g_{\perp,we} \cdot (1-F_F)_{we} \cdot F_w \cdot F_{(sh,gl)}\right)}$ è calcolato con l'equazione (65).

E.6.3.12.1 Fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti per il riscaldamento o la climatizzazione invernale

Il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti per il riscaldamento di riferimento, ηH, e corretto, $\eta H,adj$, è funzione del rapporto apporti/perdite di riferimento, γH, o corretto, $\gamma H,adj$, e di un parametro numerico, aH o aH,adj, che dipende dalla costante di tempo della zona, in accordo con le equazioni sotto riportate:

$$\text{se: } \gamma_H > 0 \text{ e } \gamma_H \neq 1 \qquad \eta_{G,H} = \frac{1-\gamma_H^{a_H}}{1-\gamma_H^{a_H+1}}$$

$$\text{se: } \gamma_{H,adj} > 0 \text{ e } \gamma_{H,adj} \neq 1 \qquad \eta_{G,H,adj} = \frac{1-\gamma_{H,adj}^{a_{H,adj}}}{1-\gamma_{H,adj}^{a_{H,adj}+1}} \qquad (67)$$

$$\text{se: } \gamma_H = 1 \qquad \eta_{G,H} = \frac{a_H}{a_H+1}$$

$$\text{se: } \gamma_{H,adj} = 1 \qquad \eta_{G,H,adj} = \frac{a_{H,adj}}{a_{H,adj}+1} \qquad (68)$$

con

$$\gamma_H = \frac{Q_{G,H}}{Q_{L,H,net}} \quad ; \quad \gamma_{H,adj} = \frac{Q_{G,H}}{Q_{L,H,net,adj}} \qquad (69)$$

dove:

ϒH è il rapporto apporti/perdite di riferimento nel mese;

ϒH,adj, è il rapporto apporti/perdite corretto nel mese;

QG,H è la quantità di energia gratuita dovuta alle sorgenti interne ed alla radiazione solare entrante attraverso le superfici trasparenti nel periodo di riscaldamento, calcolata secondo la (14), [kWh];

QL,H,net è la quantità di energia di riferimento scambiata per trasmissione e per ventilazione, tra la zona a temperatura controllata o climatizzata e l'ambiente circostante al netto dei contributi solari sulle superfici opache, e da eventuali spazi soleggiati a temperatura non controllata addossati all'involucro nel periodo di riscaldamento, calcolata secondo la (7), [kWh];

QL,H,net,adj è la quantità di energia corretta scambiata per trasmissione e per ventilazione, tra la zona a temperatura controllata o climatizzata e l'ambiente circostante al netto dei contributi solari sulle superfici opache, e da eventuali spazi soleggiati a temperatura non controllata addossati all'involucro nel periodo di riscaldamento, calcolata secondo la (7), [kWh];

e con:

$$a_H = a_{0,H} + \frac{\tau_H}{\tau_{0,H}} \quad ; \quad a_{H,adj} = a_{0,H} + \frac{\tau_{H,adj}}{\tau_{0,H}} \qquad (70)$$

aH è il parametro numerico di riferimento;

aH,adj è il parametro numerico corretto;

τH è la costante di tempo di riferimento, [h];

τH,adj è la costante di tempo corretta, [h];

τ0,H è il valore di riferimento per la costante di tempo, [h].

I valori di a0,H e τ0,H sono definiti dalla norma UNI TS 11300-1 e ai fini della presente procedura di calcolo (funzionamento continuo dell'impianto sulle 24 ore, calcolo mensile) valgono rispettivamente 1 e 15 ore. Pertanto l'equazione (70) può essere scritta come segue:

$$a_H = 1 + \frac{\tau_H}{15} \quad ; \quad a_{H,adj} = 1 + \frac{\tau_{H,adj}}{15} \qquad (71)$$

I valori delle costanti di tempo, tH e tH,adj, si calcolano come:

$$\tau_H = \frac{C_m \cdot A_{tot}}{3{,}6 \cdot H_{L,H}} \; ; \; \tau_{H,adj} = \frac{C_m \cdot A_{tot}}{3{,}6 \cdot H_{L,H,adj}} \qquad (72)$$

con:

$$H_{L,H} = \frac{Q_{T,H} + Q_{V,H}}{\Delta\theta \cdot \Delta t} \quad ; \quad H_{L,H,adj} = \frac{Q_{T,H} + Q_{V,H,adj}}{\Delta\theta \cdot \Delta t} \qquad (73)$$

dove:

τH è la costante di tempo di riferimento, [h];

τH,adj è la costante di tempo corretta, [h];

Cm è la capacità termica per unità di superficie interna; per gli edifici esistenti si veda il Prospetto XXIV mentre per gli edifici di nuova costruzione si faccia riferimento all'Appendice D, [kJ/m2K];

Atot è l'area totale interna, cioè la somma delle superfici nette dei componenti opachi che delimitano una zona climatizzata o a temperatura controllata, per ulteriori dettagli si rimanda all'Appendice D, [m2];

QT,H è la quantità totale di energia trasferita mensilmente per trasmissione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante durante il periodo di riscaldamento, calcolata secondo la (15), [kWh];

QV,H è la quantità di energia di riferimento trasferita per ventilazione, aerazione e/o infiltrazione, tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante durante il periodo di riscaldamento, calcolata secondo la (25), [kWh];

QV,H,adj è la quantità di energia corretta trasferita per ventilazione, aerazione e/o infiltrazione, tra la zona

climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante durante il periodo di riscaldamento, calcolata secondo la (26), [kWh];

$\Delta\theta$ è la differenza tra la temperatura interna prefissata della zona termica considerata, θ_i, e il valore medio mensile della temperatura media giornaliera esterna, θ_e si veda § E.6.3.7, [°C];

Δt è la durata del mese considerato (si veda la (17)), [kh].

E. 6.3.12.2 Fattore di utilizzazione delle perdite per il raffrescamento o la climatizzazione estiva

Il fattore di utilizzazione delle perdite per il calcolo del fabbisogno di raffrescamento, η_C, è funzione degli apporti/perdite, γ_C, e di un parametro numerico, a_C, che dipende dalla costante di tempo della zona, in accordo con le equazioni qui sotto riportate:

$$\text{se: } \gamma_C > 0 \text{ e } \gamma_C \neq 1 \qquad \eta_{L,C} = \frac{1-\gamma_C^{-a_C}}{1-\gamma_C^{-(a_C+1)}}$$

$$\text{se: } \gamma_{C,adj} > 0 \text{ e } \gamma_{C,adj} \neq 1 \qquad \eta_{L,C,adj} = \frac{1-\gamma_{C,adj}^{-a_{C,adj}}}{1-\gamma_{C,adj}^{-(a_{C,adj}+1)}} \qquad (74)$$

$$\text{se: } \gamma_C = 1 \qquad \eta_{L,C} = \frac{a_C}{a_C+1}$$

$$\text{se: } \gamma_{C,adj} = 1 \qquad \eta_{L,C,adj} = \frac{a_{C,adj}}{a_{C,adj}+1} \qquad (75)$$

$$\text{se: } \gamma_C < 0 \qquad \eta_{L,C} = 1$$

$$\text{se: } \gamma_{C,adj} < 0 \qquad \eta_{L,C,adj} = 1 \qquad (76)$$

con:

$$\gamma_C = \frac{Q_{G,H}}{Q_{L,C,net}} \quad ; \quad \gamma_{C,adj} = \frac{Q_{G,H}}{Q_{L,C,net,adj}} \qquad (77)$$

dove:

γ_C è il rapporto apporti/perdite di riferimento nel mese;

$\gamma_{C,adj}$ è il rapporto apporti/perdite corretto nel mese;

$Q_{G,C}$ è la quantità di energia gratuita dovuta alle sorgenti interne ed alla radiazione solare entrante attraverso le superfici trasparenti nel periodo di raffrescamento, calcolata secondo la (14), [kWh];

$Q_{L,C,net}$ è la quantità di energia di riferimento scambiata per trasmissione e per ventilazione, tra la zona a temperatura controllata o climatizzata e l'ambiente circostante al netto dei contributi solari sulle superfici opache, e da eventuali spazi soleggiati addossati all'involucro nel periodo di riscaldamento, calcolata secondo la (7), [kWh];

QL,C,net,adj è la quantità di energia corretta scambiata per trasmissione e per ventilazione, tra la zona a temperatura controllata o climatizzata e l'ambiente circostante al netto dei contributi solari sulle superfici opache, e da eventuali spazi soleggiati addossati all'involucro nel periodo di riscaldamento, calcolata secondo la (7), [kWh];

e con:

$$a_C = a_{0,C} + \frac{\tau_C}{\tau_{0,C}} \quad ; \quad a_{C,adj} = a_{0,C} + \frac{\tau_{C,adj}}{\tau_{0,C}} \qquad (78)$$

dove:

aC è il parametro numerico di riferimento;

aC,adj è il parametro numerico corretto;

τC è la costante di tempo di riferimento, [h];

τC,adj è la costante di tempo corretta, [h];

τ0,C è il valore di riferimento per la costante di tempo, [h].

I valori di a0,C,τ0,C sono definiti dalla norma UNI EN ISO 13790:2008 e ai fini della presente procedura di calcolo (funzionamento continuo dell'impianto sulle 24 ore, calcolo mensile) valgono rispettivamente 1 e 15. Pertanto l'equazione (78) può essere scritta come segue:

$$a_C = 1 + \frac{\tau_C}{15} \quad ; \quad a_{C,adj} = 1 + \frac{\tau_{C,adj}}{15} \qquad (79)$$

I valori delle costanti di tempo, τC e τC,adj, si calcolano come:

$$\tau_C = \frac{C_m \cdot A_{tot}}{3{,}6 \cdot H_{L,C}} \quad ; \quad \tau_{C,adj} = \frac{C_m \cdot A_{tot}}{3{,}6 \cdot H_{L,C,adj}} \qquad (80)$$

con:

$$H_{L,C} = \frac{Q_{T,C} + Q_{V,C}}{\Delta\theta \cdot \Delta t} \quad ; \quad H_{L,C,adj} = \frac{Q_{T,C} + Q_{V,C,adj}}{\Delta\theta \cdot \Delta t} \qquad (81)$$

dove:

τC è la costante di tempo di riferimento, [h];

τC,adj è la costante di tempo corretta, [h];

Cm è la capacità termica per unità di superficie interna; per gli edifici esistenti si veda il Prospetto XXIV mentre per gli edifici di nuova costruzione si faccia riferimento all'Appendice D, [kJ/m2K];

Atot è l'area totale interna, cioè la somma delle superfici nette dei componenti opachi che delimitano una zona climatizzata o a temperatura controllata, per ulteriori dettagli si rimanda all' Appendice D, [m2];

QT,C è la quantità di energia trasferita per trasmissione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante durante il periodo di raffrescamento, calcolata secondo la (15), [kWh];

QV,C è la quantità di energia di riferimento trasferita per ventilazione, aerazione e/o infiltrazione, tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante durante il periodo di raffrescamento, calcolata secondo la (25), [kWh];

QV,C,adj è la quantità di energia corretta trasferita per ventilazione, aerazione e/o infiltrazione, tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante durante il periodo di raffrescamento, calcolata secondo la (26), [kWh];

$\Delta\theta$ è la differenza tra la temperatura interna prefissata della zona termica considerata, θi, e il valore medio mensile della temperatura media giornaliera esterna, θe si veda § E.6.3.7, [°C];

Δt è la durata del mese considerato (si veda la (17)), [kh].

Caratteristiche costruttive dei componenti edilizi				Numero dei piani		
Intonaci	Isolamento	Pareti esterne	Pavimenti	1	2	≥ 3
				Capacità termica areica [kJ/(m2K)]		
gesso	interno	qualsiasi	tessile	75	75	85
	interno	qualsiasi	legno	85	95	105
	interno	qualsiasi	piastrelle	95	105	115
	assente/esterno	leggere/blocchi	tessile	95	95	95
	assente/esterno	medie/blocchi	tessile	105	95	95
	assente/esterno	leggere/blocchi	legno	115	115	115

	assente/esterno	medie/blocchi	legno	115	125	125
	assente/esterno	leggere/blocchi	piastrelle	115	125	135
	assente/esterno	medie/blocchi	piastrelle	125	135	135
malta	interno	qualsiasi	tessile	105	105	105
	interno	qualsiasi	legno	115	125	135
	interno	qualsiasi	piastrelle	125	135	135
	assente/esterno	leggere/blocchi	tessile	125	125	115
	assente/esterno	medie	tessile	135	135	125
	assente/esterno	pesanti	tessile	145	135	125
	assente/esterno	leggere/blocchi	legno	145	145	145
	assente/esterno	medie	legno	155	155	155
	assente/esterno	pesanti	legno	165	165	165
	assente/esterno	leggere/blocchi	piastrelle	145	155	155
	assente/esterno	medie	piastrelle	155	165	165
	assente/esterno	pesanti	piastrelle	165	165	165

Prospetto XXIV - Capacità termica per unità di superficie dell'involucro, Cm (Fonte: UNI TS 11300-1:2008)

Allegato 1/24

E.6 Fabbisogno di energia termica dell'involucro - E.6.3 Fabbisogno di energia termica della zona - E.6.3.13 Entalpia del vapore d'acqua prodotto e immesso nella zona

E. 6.3.13 Entalpia del vapore d'acqua prodotto e immesso nella zona

Per ciascuna zona, se servita da un impianto di climatizzazione che controlla l'umidità dell'aria, è necessario calcolare il fabbisogno convenzionale di energia termica latente.

L'entalpia del vapore d'acqua prodotto all'interno della zona termica dagli occupanti, da processi e sorgenti varie (cotture, lavaggi, ecc.) si calcola, sia per il periodo di riscaldamento sia per quello di raffrescamento, come:

$$Q_{Wv,S} = \left(G_{v,per} + G_{v,p}\right) \cdot h_v \cdot \Delta t \qquad (82)$$

dove:

QWv,S è l'entalpia del vapore di acqua prodotto all'interno della zona da persone e processi e sorgenti varie (cottura, lavaggi, ecc.), [kWh];

Gv,per è la portata massica media giornaliera di vapore d'acqua dovuta alla presenza di persone, [g/h];

Gvp è la portata massica media giornaliera di vapore d'acqua dovuta alla presenza di apparecchiature, [g/h];

hv è l'entalpia specifica del vapore di acqua convenzionalmente posta pari a 0,965, [Wh/g];

Δt è la durata del mese considerato (si veda la (17)), [kh].

Il valore della portata massica media giornaliera dovuta alla presenza di persone si ricava con la seguente relazione:

$$G_{v,per} = g_{v,per} \cdot i_s \cdot A \cdot f_{G,per} \qquad (83)$$

dove:

Gv,per è la portata massica media giornaliera di vapore d'acqua dovuta alla presenza di persone, [g/h];

gv,per è la portata massica specifica di progetto ricavabile dal Prospetto XXVI, [g/h persona];

is è l'indice di affollamento (Prospetto XI), [persone/m2];

A è la superficie utile di pavimento, [m2];

fG,per è il fattore di presenza medio giornaliero (valore compreso tra 0 e 1), (Prospetto XXXV).

Categoria di edificio	Destinazione d'uso	fG,per
E.1 (1); E.1 (2)	Edifici residenziali	24/24
E.1 (3)	Edifici adibiti ad albergo, pensioni ed attività similari	8/24
E.2	Edifici adibiti ad uffici ed assimilabili	8/24
E.3	Edifici adibiti ad ospedali, cliniche o case di cura ed assimilabili	24/24
E.4	Edifici adibiti ad attività ricreative, associative e di culto	8/24
E.5	Edifici adibiti ad attività commerciali ed assimilabili	8/24
E.6	Edifici adibiti ad attività sportive	8/24
E.7	Edifici adibiti ad attività scolastiche di tutti i livelli e assimilabili	8/24
E.8	Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali ed assimilabili	8/24

Prospetto XXV - Fattore di presenza medio giornaliero nei locali climatizzati, fG,per

Attività	Applicazioni	gv [g/h pers.]
Seduto a riposo	teatro	45
Seduto in attività leggera	ufficio, appartamento	65
Seduto in attività media	ufficio, appartamento	80
Seduto al ristorante	ristorante	115

In piedi, lavoro leggero	negozio	80
In piedi, lavoro medio	officina	200
In piedi, lavoro pesante	officina, cantiere	410
In movimento	banca	100
Danza moderata	sala da ballo	230
In cammino a 1,3 m/s	corridoi	265
Attività atletica	palestra, discoteca	450

Prospetto XXVI - Valori medi della portata di vapore gv [g/h pers.], dovuti alla presenza di persone (Fonte: AICARR - Miniguida)

Il valore della portata massica media giornaliera dovuta alle altre sorgenti si ricava dal Prospetto XXVIII con la seguente relazione:

$$G_v = \sum_i G_{v,p,i} \cdot N_i \cdot f_{G,i} \qquad (84)$$

dove:

Gvpi è la portata massica specifica di progetto per singola sorgente i-esima (Prospetto XXVIII), [g/h];

Ni è il numero di sorgenti di tipo i-esimo presenti;

fG,i è il fattore di utilizzo medio giornaliero della sorgente i-esima, assunto pari a 1.

L'entalpia della quantità netta di vapore di acqua introdotta nella zona dagli scambi d'aria con l'ambiente circostante, per infiltrazione, aerazione e/o ventilazione naturale o meccanica, si calcola come:

$$Q_{Wv,V} = \left(\sum_{k=1}^{N_R} \rho_a \dot{V}_{v,k} \cdot (x_k - x_i) \right) \cdot h_v \cdot \Delta t \qquad (85)$$

dove:

QWv,V è l'entalpia della quantità netta di vapore di acqua introdotta nella zona dagli scambi d'aria con

l'ambiente circostante per infiltrazione, aerazione e/o ventilazione, [kWh];

ρa è la massa volumica dell'aria, pari a 1,2 kg/m3;

$\dot{V}_{v,k}$ è la portata volumetrica d'aria media giornaliera k-esima della zona dovuta a ventilazione naturale o aerazione o infiltrazione e dalla ventilazione meccanica, solo se distinta dalla portata d'aria di processo per il controllo dell'umidità dell'aria, [m3/h];

xk è l'umidità massica media giornaliera dell'aria umida entrante con il ricambio d'aria k-esimo, [g/kg]

xi è l'umidità massica media giornaliera dell'aria umida uscente con il ricambio d'aria k-esimo, che si assume pari al valore dell'umidità prefissata per l'aria della zona, [g/kg];

hv è l'entalpia specifica del vapore di acqua convenzionalmente posta pari a 0,695, [Wh/g];

Δt è la durata del mese considerato (si veda la (17)), [kh].

con:

$$x_i = 622\frac{p_v}{101325 - p_v} = 622\frac{p_{vs}(\theta_i)\cdot i_i}{101325 - p_{vs}(\theta_i)\cdot i_i}$$

$$p_{vs}(\theta_i) = 610{,}5\cdot\exp\left[\frac{17{,}269\cdot\theta_i}{\theta_i + 237{,}3}\right] \quad \text{per } \theta_i \geq 0\ °C$$

$$p_{vs}(\theta_i) = 610{,}5\cdot\exp\left[\frac{21{,}875\cdot\theta_i}{\theta_i + 265{,}5}\right] \quad \text{per } \theta_i < 0\ °C \qquad (86)$$

e

$$x_k = 622\frac{p_{v,k}}{101325 - p_{v,k}} \qquad (87)$$

dove:

θi è la temperatura interna prefissata della zona termica considerata, (si veda § E.3), [°C];

PVS,i è la pressione parziale del vapore di acqua, in condizioni di saturazione, presente nella zona termica considerata, [Pa];

PV,i è la pressione parziale del vapore di acqua presente nella zona termica considerata, [Pa];

i_i è l'umidità relativa dell'aria umida della zona termica considerata;

PVS,K è la pressione parziale del vapore di acqua, in condizioni di saturazione, presente nell'aria umida in ingresso alla zona termica considerata, [Pa];

PV,K è la pressione parziale del vapore di acqua presente nell'aria umida in ingresso alla zona termica considerata, (Prospetto XXXVII), [Pa];

ik è l'umidità relativa dell'aria umida in ingresso alla zona termica considerata.

Pressione parziale di vapore pv [Pa]												
mese	ott	nov	die	gen	feb	mar	apr	mag	giù	lug	ago	set
Bergamo	1162	892	673	671	633	761	910	1334	1587	1845	1812	1515
Brescia	1246	896	582	661	685	783	1046	1467	1625	1910	2036	1622
Como	1245	945	713	634	701	831	1060	1361	1769	1929	1928	1709
Cremona	1225	880	627	540	618	809	1106	1408	1852	1989	1950	1718
Lecco	1285	988	754	676	735	875	1106	1314	1666	1844	1855	1671
Lodi	1225	885	627	548	618	820	1121	1435	1913	2006	1950	1709
Mantova	1265	923	645	552	618	809	1106	1408	1862	1989	1964	1746
Milano	1412	958	671	590	645	943	1163	1326	1840	1736	2012	1921
Monza e Brianza	1412	958	671	590	645	943	1163	1326	1840	1736	2012	1921
Pavia	1219	874	618	531	613	809	1075	1388	1790	1921	1899	1681
Sondrio	1159	847	591	531	618	798	1053	1314	1655	1818	1804	1568
Varese	1061	859	624	488	498	688	890	1142	1690	1783	1629	1441

Prospetto XXVII - Valori medi mensili della pressione parziale di vapor d'acqua nell'aria esterna (Fonte: UNI 10349:1994)

Portata di vapore per apparecchiature	Pmax[W]	Gv,P [g/h]
Apparecchiature per ufficio		
Macchine del caffè	1500	650
Apparecchiature ospedaliere		
Bagni	750=1800	350-850
Apparecchiature per ristorante		
Apparecchiature elettriche senza cappa		
Caffettiera (per litro)		300
Lavastoviglie (per 100 piatti/h)		150
Riscaldatore a immersione (per litro)	50	10
Griglia (per metro quadro)	29000	1600
Piatto riscaldatore	4900	2300
Carrello servizio cibi caldi (per litro)	50	5
Tostatrice	5300	3500
Apparecchiature a gas, senza cappa		
Griglia (per metro quadro)	50000	13000
Lavastoviglie (per 100 piatti all'ora)	400	50

Forno per pizza (per metro quadro)	15000	1000
Apparecchiature a gas, con cappa		
Friggitrice (per chilogrammo olio)	1500	100
Apparecchiature a vapore, senza cappa		
Riscaldatore (per chilogrammo all'ora di cibo)	200	15
Lavastoviglie (per 100 piatti all'ora)	900	150
Lavastoviglie (per 100 piatti all'ora)	350	150
Negozi e supermercati		
Banchi frigoriferi aperti		
Surgelati, ad un piano (per metro di banco)	200	-50
Surgelati, a due piani (per metro di banco)	550	-200
Surgelati, a tre piani (per metro di banco)	1250	-450
Surgelati, a 4 o 5 piani (per metro di banco)	1550	-550
Gelati (per metro di banco)	350	-100
Carni, ad un piano (per metro di banco)	300	-100
Carni, a più piani (per metro di banco)	850	-300
Latticini, a più piani (per metro di banco)	750	-250

Altri prodotti, ad un piano	200	-50
Altri prodotti, a più piani	750	-250

Prospetto XXVIII - Valori medi della portata di vapore Gv,p, [g/h], dovuti alla presenza di apparecchiature caratterizzate dalla potenza massima assorbita Pmax [W] (Fonte: AICARR - Miniguida).

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/25

E.7 Fabbisogno annuale di energia primaria dell'edificio

E.7 FABBISOGNO ANNUALE DI ENERGIA PRIMARIA DELL'EDIFICIO

E.7.1 Fabbisogno annuale di energia primaria

Il fabbisogno annuale di energia primaria dell'edificio è dato dalla somma dei fabbisogni annuali di energia primaria calcolati per i diversi servizi presenti nell'edificio: il riscaldamento ovvero la climatizzazione invernale (se presente la ventilazione con umidificazione controllata), il raffrescamento ovvero la climatizzazione estiva (se presente la deumidificazione controllata), la produzione di acqua calda sanitaria, l'eventuale autoproduzione di energia elettrica (con o senza esportazione), l'eventuale esportazione dell'energia termica generata in eccesso alla domanda interna e l'illuminazione artificiale degli ambienti.

Per un impianto termico ed elettrico finalizzato al soddisfacimento dei servizi indicati, che utilizzi come vettori energetici energia elettrica, combustibili fossili (indicati con fuel), e combustibili rinnovabili (indicati con fuel,ren), il fabbisogno di energia primaria è dato dalla seguente relazione:

$$E_P = \sum_{m=1}^{12} \left[\begin{array}{l} f_{p,el,del} \cdot E_{el,del} - f_{p,el,exp} \cdot E_{el,exp} + \sum_i f_{p,fuel,del,i} \cdot E_{fuel,del,i} - f_{p,TH,exp} \cdot Q_{T,H,exp} - f_{p,TC,exp} \cdot Q_{T,C,exp} + \\ + f_{p,el,sol} \cdot E_{el,sol} + f_{p,th,sol} \cdot E_{th,sol} + f_{p,el,wind} \cdot E_{wind} + \sum_j f_{p,fuel,ren,j} \cdot E_{fuel,ren,j} \end{array} \right]_m \quad (88)$$

dove:

EP è il fabbisogno annuale di energia primaria dell'edificio, [kWh];

Eel,del è l'energia elettrica complessivamente fornita all'edificio per i servizi richiesti, [kWh];

Eel,exp è l'energia elettrica eventualmente ceduta alla rete elettrica nazionale, qualora vi sia autoproduzione eccedente il fabbisogno, [kWh];

Efuel,del,i è l'energia complessivamente fornita all'edificio dall'i-esimo vettore energetico non elettrico (gas, olio combustibile, ecc.), [kWh];

QT,H,exp è l'energia termica eventualmente ceduta ad una rete di teleriscaldamento esterna all'edificio, qualora vi sia autoproduzione eccedente il fabbisogno, [kWh];

QT,C,exp è l'energia termica eventualmente ceduta ad una rete di teleraffreddamento esterna all'edificio, qualora vi sia autoproduzione eccedente il fabbisogno, [kWh];

Eel,sol è l'energia solare complessivamente utilizzata per l'autoproduzione elettrica tramite pannelli fotovoltaici, [kWh];

Eth,sol è l'energia solare complessivamente utilizzata per l'autoproduzione termica tramite collettori solari, [kWh];

Ewind è l'energia eolica complessivamente utilizzata per l'autoproduzione elettrica tramite generatori eolici, [kWh];

Efuel,ren,j è l'energia complessivamente fornita all'edificio dal j-esimo vettore energetico non elettrico rinnovabile (biomasse, RSU, biogas, ecc.), [kWh];

f p,el,del è il fattore di conversione in energia primaria dell'energia elettrica fornita all'edificio;

f p,el,exp è il fattore di conversione in energia primaria dell'energia elettrica esportata dall'edificio;

f p,fuel,del,i è il fattore di conversione in energia primaria dell'energia da combustibile fossile fornita all'edificio dall'i-esimo vettore energetico non elettrico;

f p,TH,exp è il fattore di conversione in energia primaria dell'energia termica esportata alla rete di teleriscaldamento dall'edificio;

f p,TC,exp è il fattore di conversione in energia primaria dell'energia termica esportata alla rete di teleraffreddamento dall'edificio;

f p,el,sol è il fattore di conversione in energia primaria dell'energia solare impiegata per l'autoproduzione tramite panelli fotovoltaici;

f p,th,sol è il fattore di conversione in energia primaria dell'energia solare impiegata per l'autoproduzione tramite collettori solari termici;

f p,el,wind è il fattore di conversione in energia primaria dell'energia eolica impiegata per l'autoproduzione tramite generatori eolici;

f p,fuel,ren,j è il fattore di conversione in energia primaria dell'energia da combustibile rinnovabile fornita all'edificio dal j-esimo vettore energetico non elettrico;

m è l'indice del mese.

Nel Prospetto XXIX sono riportati i fattori di conversione in energia primaria dei principali vettori energetici da applicare ai fini del calcolo del fabbisogno di energia primaria secondo l'equazione (88).

Fattori di conversione in energia primaria	f_p

Combustibili fossili (metano, gasolio, carbone,GPL)	1
Energia elettrica	2,18
Fonti rinnovabili: - legna, biomasse, RSU - eolico, solare termico e fotovoltaico	 0,5 0
Teleriscaldamento: - con caldaie - altri sistemi di generazione	 1.2 [*] [**]
Teleraffreddamento: - con refrigeratori industriali - combinato con teleriscaldamento (trigenerazione) - refrigeratori + free-cooling - free-cooling (impiego di acqua di lago/fiume) - calore di scarto di processo + frigoriferi assorbimento	 0,5 0,4 0,3 0,1 0,05
[*] da utilizzarsi in assenza di dato dichiarato dal fornitore [**] utilizzare il dato dichiarato dal fornitore	

Prospetto XXIX - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

Ai fini della determinazione del fabbisogno energetico, l'impianto termico viene suddiviso in sottosistemi impiantistici, indipendentemente dalla funzione del sistema a cui appartengono, secondo la seguente classificazione generale:

- sottosistema di recupero termico/entalpico nella ventilazione meccanica con o senza preriscaldamento, R;

- sottosistema di emissione in ambiente e relativo controllo, E;

- sottosistema Unità Trattamento Aria con sottosistema distribuzione aria e sottosistema emissione, EC&D;

- sottosistema di distribuzione, D o A;

- sottosistema di accumulo, S;

- sottosistema di generazione, G.

In Figura 11 è riportato, per un edificio con un'unica zona termica, uno schema d'impianto termico monocombustibile (da fonte fossile) che soddisfa contemporaneamente i requisisti di climatizzazione invernale ed estiva, compresa la produzione di acqua calda, che possa avere a livello della generazione di energia termica qualsiasi combinazione di generatori (dalla semplice caldaia e al gruppo frigorifero a compressione, all'impiego sia di teleriscaldamento che di teleraffrescamento, alla cogenerazione e alla trigenerazione con gruppi frigoriferi ad assorbimento, con cessione all'esterno, se del caso, sia di energia elettrica sia di energia termica).

I termini riportati in Figura 11 rappresentano rispettivamente:

Eel,del è l'energia elettrica complessivamente fornita all'edificio per i servizi richiesti, [kWh];

Eel,exp è l'energia elettrica eventualmente ceduta alla rete elettrica nazionale, qualora vi sia autoproduzione eccedente il fabbisogno, [kWh];

Efuel,del è l'energia complessivamente fornita all'edificio dal generico vettore energetico non elettrico non rinnovabile (gas, olio combustibile, teleriscaldamento, ecc.), [kWh];

Eel,sol è l'energia solare complessivamente utilizzata per l'autoproduzione elettrica tramite pannelli fotovoltaici, [kWh];

Eth,sol è l'energia solare complessivamente utilizzata per l'autoproduzione termica tramite collettori solari termici, [kWh];

Ewind è l'energia eolica complessivamente utilizzata per l'autoproduzione elettrica tramite generatori eolici, [kWh];

QT,H,exp è l'energia termica eventualmente ceduta ad una rete di teleriscaldamento esterna all'edificio, qualora vi sia autoproduzione eccedente il fabbisogno, [kWh];

QT,C,exp è l'energia termica eventualmente ceduta ad una rete di teleraffreddamento esterna all'edificio, qualora vi sia autoproduzione eccedente il fabbisogno, [kWh];

EH,el,g,in è l'energia elettrica eventualmente fornita al sottosistema di generazione - Centrale Termica - per azionare pompe di calore a compressione o altro apparato che converta energia elettrica in energia termica per il riscaldamento di un fluido termovettore, [kWh];

Eel,g,out è l'energia elettrica eventualmente prodotta dal sottosistema di generazione - Centrale Termica- per il riscaldamento di un fluido termovettore qualora impieghi un cogeneratore termo-elettrico, [kWh];

Eel,ges,out è l'energia elettrica eventualmente prodotta dal sottosistema di generazione solare fotovoltaico, [kWh];

Eel,gew,out è l'energia elettrica eventualmente prodotta dal sottosistema di generazione eolico, [kWh];

EC,el,g,in è l'energia elettrica eventualmente fornita al sottosistema di generazione - Centrale Frigorifera - per azionare gruppi frigoriferi a compressione o altro apparato che converta energia elettrica in energia termica per il raffreddamento di un fluido termovettore, [kWh];

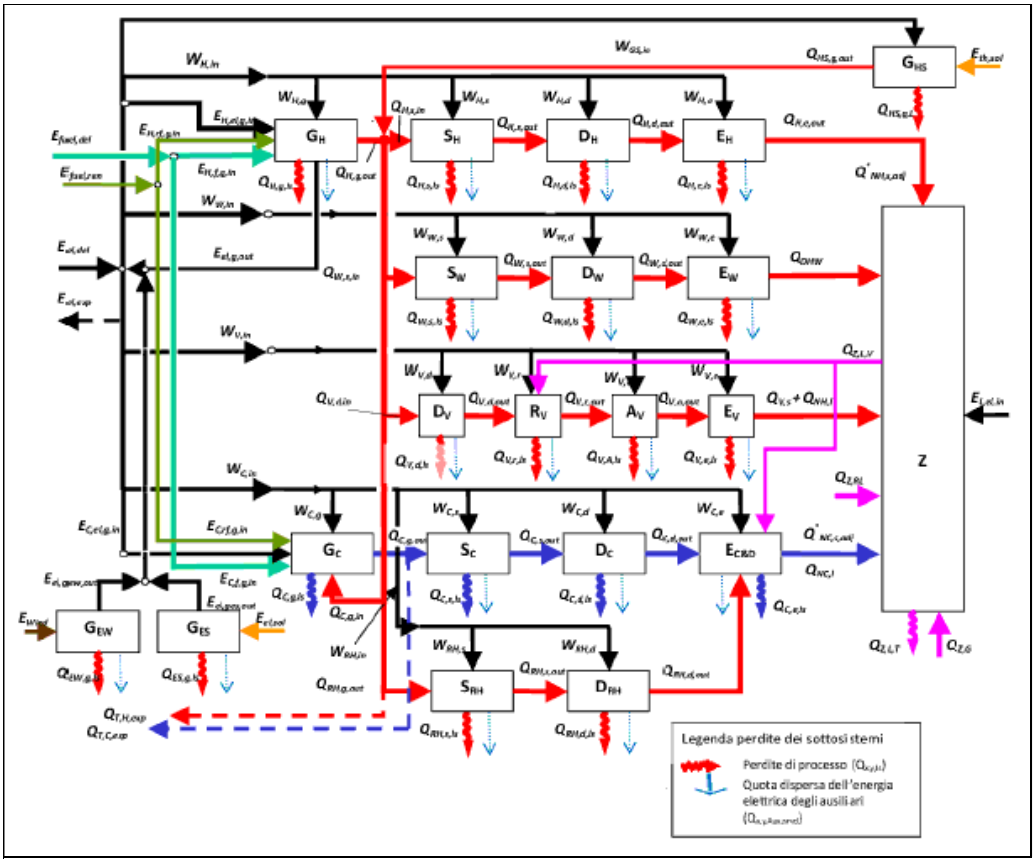


Figura 11 - Schematizzazione dell'impianto termico nella sua configurazione più generale

EH,f,g,in è l'energia eventualmente fornita al sottosistema di generazione - Centrale Termica - dal generico vettore energetico non rinnovabile non elettrico (gas, olio combustibile, teleriscaldamento, ecc.) per alimentare caldaie o altri apparati che convertano tale vettore in energia termica per il riscaldamento di un fluido termovettore, [kWh];

EH,rf,g,in è l'energia eventualmente fornita al sottosistema di generazione - Centrale Termica - dal generico vettore energetico rinnovabile non elettrico (biomasse, RSU, biogas, ecc.) per alimentare caldaie o altri apparati che convertano tale vettore in energia termica per il riscaldamento di un fluido termovettore, [kWh];

EC,f,g,in è l'energia eventualmente fornita al sottosistema di generazione - Centrale Frigorifera - dal generico vettore energetico non rinnovabile non elettrico (gas, olio combustibile, teleriscaldamento, ecc.) per alimentare frigoriferi ad assorbimento o altri apparati che convertano tale vettore in energia termica per il raffreddamento di un fluido termovettore, [kWh];

EC,rf,g,in è l'energia eventualmente fornita al sottosistema di generazione - Centrale Frigorifera - dal generico vettore energetico rinnovabile non elettrico (biomasse, RSU, biogas, ecc.) per alimentare frigoriferi ad assorbimento o altri apparati che convertano tale vettore in energia termica per il raffreddamento di un fluido termovettore, [kWh];

QH,g,out è l'energia termica complessivamente prodotta tramite il riscaldamento di un fluido termovettore dal sottosistema di generazione - Centrale Termica - normalmente asservita al riscaldamento ambientale, [kWh];

QHS,g,out è l'energia termica complessivamente prodotta tramite il riscaldamento di un fluido termovettore dal sottosistema di generazione solare, [kWh];

QC,g,out è l'energia termica complessivamente prodotta tramite il raffreddamento di un fluido termovettore dal

sottosistema di generazione - Centrale Frigorifera - normalmente asservita al raffrescamento ambientale, [kWh];

QH,s,in è l'energia termica fornita dal sottosistema di generazione al resto dell'impianto asservito al riscaldamento ambientale (H), [kWh];

QW,s,in è l'energia termica fornita dal sottosistema di generazione al resto dell'impianto asservito alla produzione acqua calda sanitaria (W), [kWh];

QV,d,in è l'energia termica eventualmente fornita dal generatore - Centrale Termica - al resto dell'impianto asservito alla ventilazione centralizzata con umidificazione e/o preriscaldamento (V), [kWh];

QC,g,in è l'energia termica eventualmente fornita dal sottosistema di generazione - Centrale Termica - al sottosistema di generazione - Centrale Frigorifera - per alimentare frigoriferi ad assorbimento o altri apparati che impieghino tale energia termica per il raffreddamento di un fluido termovettore, [kWh];

QRH,g,out è l'energia termica eventualmente fornita dal sottosistema di generazione - Centrale Termica - al sottosistema di deumidificazione (RH) per il controllo dell'umidità tramite post-riscaldamento, [kWh];

WH,in è l'energia elettrica complessivamente assorbita dagli ausiliari dell'impianto di riscaldamento ambientale, [kWh];

WV,in è l'energia elettrica complessivamente assorbita dagli ausiliari dell'impianto di ventilazione con umidificazione e/o preriscaldamento, [kWh];

WC,in è l'energia elettrica complessivamente assorbita dagli ausiliari dell'impianto di raffrescamento e deumidificazione ambientale, [kWh];

WGS,in è l'energia elettrica complessivamente assorbita dagli ausiliari del sottosistema di generazione dell'energia termica da fonte solare, [kWh];

Wx,y è l'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sottosistema y-esimo dell'impianto x-esimo, [kWh];

Qx,y,ls è la perdita termica di processo, cioè l'energia termica dispersa dal sottosistema y-esimo al netto della quota relativa alla dispersione termica degli ausiliari, legata alla modalità di trasferimento dell'energia termica dall'ingresso all'uscita del sottosistema considerato, [kWh];

Qx,y,Aux,nrvd è la quota dispersa dell'energia elettrica degli ausiliari verso l'ambiente esterno al sottosistema y-esimo, [kWh];

Qx,y,out è l'energia termica in uscita dal generico sottosistema y-esimo dell'impianto x-esimo, [kWh];

Q*NH,s,adj è il fabbisogno di energia termica per il solo riscaldamento "sensibile", al netto delle eventuali perdite recuperate dai sottosistemi impiantistici, corretto, cioè calcolato considerando l'effettivo carico dovuto alla ventilazione e infiltrazione sulla zona, [kWh];

QV,s è il fabbisogno di energia termica per il riscaldamento "sensibile" dell'aria di ventilazione meccanica alle condizioni di immissione desiderate, [kWh];

QNH,l è il fabbisogno di energia termica per il solo riscaldamento "latente", cioè la spesa di energia termica per l'umidificazione controllata dell'aria, [kWh];

Q NC,s,adj è il fabbisogno di energia termica per il solo reffrescamento "sensibile", al netto delle eventuali perdite recuperate dai sottosistemi impiantistici, corretto, cioè calcolato considerando l'effettivo carico dovuto alla ventilazione e infiltrazione sulla zona, [kWh];

Qnc,l è il fabbisogno di energia termica per il solo "raffrescamento latente", cioè la spesa di energia termica per la deumidificazione controllata dell'aria, [kWh];

Qdhw è il fabbisogno di energia termica per la produzione di acqua calda sanitaria, [kWh];

Qz,l,t è l'energia termica scambiata per trasmissione dalla zona termica attraverso il suo involucro con l'ambiente circostante, [kWh];

Qz,l,v è l'energia termica scambiata per ventilazione controllata meccanicamente dalla zona termica con l'ambiente circostante o, in assenza di impianto di ventilazione, dispersa, [kWh];

Qz,g è l'energia termica guadagnata dalla zona termica per apporti solari e interni dovuti a persone e cose, [kWh];

Qz,Rl è l'energia termica guadagnata dalla zona termica per eventuale recupero parziale delle dispersioni termiche dei sottosistemi impiantistici, [kWh];

EL,el,in è il fabbisogno annuale di energia elettrica per la sola illuminazione fissa, definito dall'equazione (357) e applicabile solo a destinazioni d'uso non residenziali, [kWh];

G è il sottosistema di generazione dell'energia termica;

GHS è il sottosistema di generazione dell'energia termica da fonte solare;

Ges è il sottosistema di generazione dell'energia elettrica da fotovoltaico;

Gew è il sottosistema di generazione dell'energia elettrica da fonte eolica;

S è il sottosistema di accumulo termico;

D è il sottosistema di distribuzione tramite fluido termovettore;

E è il sottosistema di emissione/erogazione;

Ec&d è il sottosistema Unità Trattamento Aria con sottosistema distribuzione aria e sottosistema emissione;

R è il sottosistema recuperatore termico/entalpico con o senza preriscaldamento dell'aria di ventilazione;

A è il sottosistema distribuzione aria di ventilazione;

Z è il sistema involucro della zona termica.

E.7.2 Ripartizione del fabbisogno di energia primaria tra le diverse funzioni

Dal momento che può risultare necessario identificare la quota del fabbisogno di energia primaria dell'edificio relativa ai diversi servizi, cioè riscaldamento o climatizzazione invernale, raffrescamento o climatizzazione estiva, produzione di acqua calda sanitaria e illuminazione artificiale, tali quote vengono determinate come di seguito:

$$E_{PH} = \sum_{m=1}^{12} \left[\begin{array}{l} f_{p,el,del} \cdot \left(r_{H,el,del} \cdot E_{el,del} \right) - f_{p,el,exp} \cdot \left(r_{H,el,exp} \cdot E_{el,exp} \right) + f_{p,fuel,del} \cdot \left(r_{H,fuel,del} \cdot E_{fuel,del} \right) - f_{p,T,H,exp} \cdot Q_{T,H,exp} + \\ + f_{p,el,sol} \cdot \left(r_{H,el,sol} \cdot E_{el,sol} \right) + f_{p,th,sol} \cdot \left(r_{H,th,sol} \cdot E_{th,sol} \right) + f_{p,el,wind} \cdot \left(r_{H,el,wind} \cdot E_{wind} \right) + \\ + f_{p,fuel,ren} \cdot \left(r_{H,fuel,ren} \cdot E_{fuel,ren} \right) \end{array} \right]_m \quad (89)$$

$$E_{PC} = \sum_{m=1}^{12} \left[\begin{array}{l} f_{p,el,del} \cdot \left(r_{C,el,del} \cdot E_{el,del} \right) - f_{p,el,exp} \cdot \left(r_{C,el,exp} \cdot E_{el,exp} \right) + f_{p,fuel,del} \cdot \left(r_{C,fuel,del} \cdot E_{fuel,del} \right) - f_{p,T,C,del} \cdot Q_{T,C,exp} + \\ + f_{p,el,sol} \cdot \left(r_{C,el,sol} \cdot E_{el,sol} \right) + f_{p,th,sol} \cdot \left(r_{C,th,sol} \cdot E_{th,sol} \right) + f_{p,el,wind} \cdot \left(r_{C,el,wind} \cdot E_{wind} \right) + \\ + f_{p,fuel,ren} \cdot \left(r_{C,fuel,ren} \cdot E_{fuel,ren} \right) \end{array} \right]_m \quad (90)$$

$$E_{PW} = \sum_{m=1}^{12} \left[\begin{array}{l} f_{p,el,del} \cdot \left(r_{W,el,del} \cdot E_{el,del} \right) - f_{p,el,exp} \cdot \left(r_{W,el,exp} \cdot E_{el,exp} \right) + f_{p,fuel,del} \cdot \left(r_{W,fuel,del} \cdot E_{fuel,del} \right) + \\ + f_{p,el,sol} \cdot \left(r_{W,el,sol} \cdot E_{el,sol} \right) + f_{p,th,sol} \cdot \left(r_{W,th,sol} \cdot E_{th,sol} \right) + f_{p,el,wind} \cdot \left(r_{W,el,wind} \cdot E_{wind} \right) + \\ + f_{p,fuel,ren} \cdot \left(r_{W,fuel,ren} \cdot E_{fuel,ren} \right) \end{array} \right]_m \quad (91)$$

$$E_{PL} = \sum_{m=1}^{12} \left[\begin{array}{l} f_{p,el,del} \cdot \left(r_{L,el,del} \cdot E_{el,del} \right) - f_{p,el,exp} \cdot \left(r_{L,el,exp} \cdot E_{el,exp} \right) + f_{p,fuel,del} \cdot \left(r_{L,fuel,del} \cdot E_{fuel,del} \right) \\ + f_{p,el,sol} \cdot \left(r_{L,el,sol} \cdot E_{el,sol} \right) + f_{p,el,wind} \cdot \left(r_{L,el,wind} \cdot E_{wind} \right) + f_{p,fuel,ren} \cdot \left(r_{L,fuel,ren} \cdot E_{fuel,ren} \right) \end{array} \right]_m \quad (92)$$

dove, per quanto non definito in precedenza, si ha:

EPH è il fabbisogno annuale di energia primaria per il riscaldamento o la climatizzazione invernale dell'edificio, [k Wh];

EPC è il fabbisogno annuale di energia primaria per il raffrescamento o la climatizzazione estiva dell'edificio, [k Wh];

EPW è il fabbisogno annuale di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria dell'edificio, [kWh];

EPL è il fabbisogno annuale di energia primaria per l'illuminazione artificiale dell'edificio, [kWh];

r x,el,del è il fattore di ripartizione dell'energia elettrica fornita all'edificio dalla rete in energia elettrica richiesta per il servizio x-esimo;

r x,el,exp è il fattore di ripartizione dell'energia elettrica esportata dall'edificio in energia elettrica esportata dal servizio x-esimo;

r x,fuel,del è il fattore di ripartizione dell'energia del generico vettore energetico non elettrico (fuel) fornita all'edificio in energia richiesta per il servizio x-esimo;

r x,el,sol è il fattore di ripartizione dell'energia elettrica fornita all'edificio da fonte solare in energia elettrica richiesta per il servizio x-esimo;

r x,th,solè il fattore di ripartizione dell'energia termica fornita all'edificio da fonte solare in energia termica richiesta per il servizio x-esimo;

r x,el,wind è il fattore di ripartizione dell'energia elettrica fornita all'edificio da fonte eolica in energia elettrica esportata dal servizio x-esimo;

r x,fuel,ren è il fattore di ripartizione dell'energia del generico vettore energetico rinnovabile non elettrico (fuel) fornita all'edificio in energia richiesta per il servizio x-esimo;

m è l'indice del generico mese dell'anno.

Si assume che l'energia termica prodotta in eccesso e ceduta ad una rete di teleriscaldamento esterna al sistema

edificio sia ad esclusivo carico del sottosistema di generazione asservito al servizio riscaldamento ambientale. L'eventuale energia termica prodotta in eccesso e ceduta ad una rete di teleraffreddamento esterna al sistema edificio si considera a carico del sottosistema di generazione asservito al servizio di raffrescamento ambientale.

I fattori di ripartizione dei vari vettori energetici rispetto ai diversi servizi resi (cioè riscaldamento ambientale o climatizzazione invernale, raffrescamento ambientale o climatizzazione estiva, produzione acqua calda sanitaria, illuminazione artificiale), nell'ipotesi di generazione di "calore" comune ai diversi servizi, si calcolano come segue:

- per l'energia elettrica richiesta alla rete, Eel del,:

$$\begin{aligned} r_{H,el,del} &= f_{H,el,req} \\ r_{C,el,del} &= f_{C,el,req} \\ r_{W,el,del} &= f_{W,el,req} \quad \text{con:} \quad r_{H,el,del} + r_{C,el,del} + r_{W,el,del} + r_{L,el,del} = 1 \\ r_{L,el,del} &= f_{L,el,req} \end{aligned} \tag{93}$$

dove, essendo la quota complessivamente richiesta dai vari servizi, Eel,req, pari a:

$$E_{el,req} = \left(E_{H,el,g,in} + W_{H,in} + W_{V,in} + W_{GS,in}\right) + \left(E_{C,el,g,in} + W_{C,in}\right) + \left(W_{W,in}\right) + \left(E_{L,el,in}\right) \tag{94}$$

si hanno i seguenti fattori di ripartizione dell'energia elettrica richiesta, Eel,req, rispetto ai vari servizi resi:

$$\begin{aligned} f_{H,el,req} &= \frac{E_{H,el,g,in} + W_{H,in} + W_{V,in} - W_{H,g} + f_{H\&HS,H} \cdot (W_{H,g} + W_{GS,in})}{E_{el,req}} \\ f_{C,el,req} &= \frac{E_{C,el,g,in} + W_{C,in} + f_{H\&HS,C} \cdot (W_{H,g} + W_{GS,in})}{E_{el,req}} \\ f_{W,el,req} &= \frac{W_{W,in} + f_{H\&HS,W} \cdot (W_{H,g} + W_{GS,in})}{E_{el,req}} \\ f_{L,el,req} &= \frac{E_{L,el,in}}{E_{el,req}} \quad \text{con:} \quad f_{H,el,req} + f_{C,el,req} + f_{W,el,req} + f_{L,el,req} = 1 \end{aligned} \tag{95}$$

con:

$$\begin{aligned} f_{H\&HS,H} &= \frac{Q_{T,H,exp} + Q_{H,s,in} + Q_{V,d,in}}{Q_{H,g,out} + Q_{HS,g,out}} \\ f_{H\&HS,C} &= \frac{Q_{C,g,in} + Q_{RH,g,out}}{Q_{H,g,out} + Q_{HS,g,out}} \\ f_{H\&HS,W} &= \frac{Q_{W,s,in}}{Q_{H,g,out} + Q_{HS,g,out}} \quad \text{con:} \quad f_{H\&HS,H} + f_{H\&HS,C} + f_{H\&HS,W} = 1 \end{aligned} \tag{96}$$

dove, per quanto non definito in precedenza, si ha:

f H&HS,H è il fattore di ripartizione dell'energia termica fornita dal generatore "di calore" più il sistema solare termico al servizio riscaldamento o climatizzazione invernale;

f H&HS,C è il fattore di ripartizione dell'energia termica fornita dal generatore "di calore" più il sistema solare termico al servizio raffrescamento o climatizzazione estiva;

f H&HS,W è il fattore di ripartizione dell'energia termica fornita dal generatore "di calore" più il sistema solare termico al servizio della produzione di acqua calda sanitaria.

- per l'energia elettrica ceduta alla rete, Eelexp,:

nell'ipotesi di ripartire l'eventuale eccesso di autoproduzione proporzionalmente al fabbisogno elettrico di ogni servizio, si ha:

$$\begin{aligned} r_{H,el,exp} &= f_{H,el,req} \\ r_{C,el,exp} &= f_{C,el,req} \\ r_{W,el,exp} &= f_{W,el,req} \quad \text{con:} \quad r_{H,el,exp,i} + r_{C,el,exp,i} + r_{W,el,exp,i} + r_{L,el,exp,i} = 1 \\ r_{L,el,exp} &= f_{L,el,req} \end{aligned} \tag{97}$$

per l'energia del vettore energetico non rinnovabile non elettrico in ingresso al sistema, Efuel,del:

$$\begin{aligned} r_{H,fuel,del} &= \frac{E_{H,f,g,in}}{E_{fuel,del}} \cdot f_{H,H} \cdot \left(f_{GH,Q} + f_{GH,el} \cdot f_{H,el,req}\right) \\ r_{C,fuel,del} &= \frac{E_{C,f,g,in}}{E_{fuel,del}} + \frac{E_{H,f,g,in}}{E_{fuel,del}} \cdot f_{H,C} \cdot \left(f_{GH,Q} + f_{GH,el} \cdot f_{C,el,req}\right) \\ r_{W,fuel,del} &= \frac{E_{H,f,g,in}}{E_{fuel,del}} \cdot f_{H,W} \cdot \left(f_{GH,Q} + f_{GH,el} \cdot f_{W,el,req}\right) \\ r_{L,fuel,del} &= \frac{E_{H,f,g,in}}{E_{fuel,del}} \cdot \left(f_{GH,el} \cdot f_{L,el,req}\right) \quad \text{con: } r_{H,fuel,del} + r_{C,fuel,del} + r_{W,fuel,del} + r_{L,fuel,del} = 1 \end{aligned} \tag{98}$$

con:

$$\begin{aligned} f_{H,H} &= \frac{Q_{T,H,exp} + Q_{H,s,in} + Q_{V,d,in} - Q_{HS,g,out} \cdot f_{H\&HS,H}}{Q_{H,g,out}} \\ f_{H,C} &= \frac{Q_{C,g,in} + Q_{RH,g,out} - Q_{HS,g,out} \cdot f_{H\&HS,C}}{Q_{H,g,out}} \\ f_{H,W} &= \frac{Q_{W,s,in} - Q_{HS,g,out} \cdot f_{H\&HS,W}}{Q_{H,g,out}} \quad \text{con: } f_{H,H} + f_{H,C} + f_{H,W} = 1 \end{aligned} \tag{99}$$

dove, per quanto non definito in precedenza, si ha:

f H,H è il fattore di ripartizione dell'energia termica fornita dal generatore "di calore" al servizio di riscaldamento o climatizzazione invernale;

f H,C è il fattore di ripartizione dell'energia termica fornita dal generatore "di calore" al servizio di raffrescamento o climatizzazione estiva;

f H,W è il fattore di ripartizione dell'energia termica fornita dal generatore "di calore" al servizio della produzione di acqua calda sanitaria;

e con:

$$f_{GH,Q} = \frac{Q_{H,g,out}}{Q_{H,g,out} + E_{el,g,out}}$$

$$f_{GH,el} = \frac{E_{el,g,out}}{Q_{H,g,out} + E_{el,g,out}} \qquad \text{con: } f_{GH,Q} + f_{GH,el} = 1 \qquad (100)$$

f Gh,Q è il fattore di utilizzazione del sistema di cogenerazione come generatore termico;

f GH,el è il fattore di utilizzazione del sistema di cogenerazione come generatore elettrico.

I fattori di ripartizione per i vettori energetici rinnovabili rispetto ai servizi resi sono calcolabili come:

- per l'energia elettrica fornita da fonte solare, Eel,sol,:

$$r_{H,el,sol} = f_{H,el,req}$$
$$r_{C,el,sol} = f_{C,el,req}$$
$$r_{W,el,sol} = f_{W,el,req} \quad \text{con:} \quad r_{H,el,sol} + r_{C,el,sol} + r_{W,el,sol} + r_{L,el,sol} = 1$$
$$r_{L,el,sol} = f_{L,el,req} \qquad (101)$$

- per l'energia elettrica fornita da fonte eolica, Eel,wind,:

$$r_{H,el,wind} = f_{H,el,req}$$
$$r_{C,el,wind} = f_{C,el,req}$$
$$r_{W,el,wind} = f_{W,el,req} \quad \text{con:} \quad r_{H,el,wind} + r_{C,el,wind} + r_{W,el,wind} + r_{L,el,wind} = 1$$
$$r_{L,el,wind} = f_{L,el,req} \qquad (102)$$

- per l'energia termica fornita da fonte solare, Eth,sol,:

$$r_{H,th,sol} = f_{H\&HS,H}$$
$$r_{C,th,sol} = f_{H\&HS,C}$$
$$r_{W,th,sol} = f_{H\&HS,W} \quad \text{con:} \quad r_{H,th,sol} + r_{C,th,sol} + r_{W,th,sol} = 1 \qquad (103)$$

- per l'energia del vettore energetico rinnovabile non elettrico in ingresso al sistema, Efuel,ren:

$$r_{H,fuel,ren} = \frac{E_{H,rf,g,in}}{E_{fuel,ren}} \cdot f_{H,H} \cdot \left(f_{GH,Q} + f_{GH,el} \cdot f_{H,el,req}\right)$$

$$r_{C,fuel,ren} = \frac{E_{C,rf,g,in}}{E_{fuel,ren}} + \frac{E_{H,rf,g,in}}{E_{fuel,ren}} \cdot f_{H,C} \cdot \left(f_{GH,Q} + f_{GH,el} \cdot f_{C,el,req}\right)$$

$$r_{W,fuel,ren} = \frac{E_{H,rf,g,in}}{E_{fuel,ren}} \cdot f_{H,W} \cdot \left(f_{GH,Q} + f_{GH,el} \cdot f_{W,el,req}\right)$$

$$r_{L,fuel,ren} = \frac{E_{H,rf,g,in}}{E_{fuel,ren}} \cdot \left(f_{GH,el} \cdot f_{L,el,req}\right) \text{ con: } r_{H,fuel,ren} + r_{C,fuel,ren} + r_{W,fuel,ren} + r_{L,fuel,ren} = 1 \quad (104)$$

E.7.2.1 Generazione termica separata per i diversi servizi

Per un sistema impiantistico che preveda la generazione separata di energia termica "calda" tra i diversi servizi di riscaldamento o climatizzazione invernale, raffrescamento o climatizzazione estiva, produzione di acqua calda sanitaria, i fattori di ripartizione dei vari vettori energetici rispetto ai diversi servizi resi, definiti nel paragrafo precedente, si modificano, con riferimento allo schema di Figura 12, come segue:

- per l'energia elettrica richiesta alla rete, Eel,del,:

$$r_{H,el,del} = f_{H,el,req}$$

$$r_{C,el,del} = f_{C,el,req}$$

$$r_{W,el,del} = f_{W,el,req} \quad \text{con:} \quad r_{H,el,del} + r_{C,el,del} + r_{W,el,del} + r_{L,el,del} = 1$$

$$r_{L,el,del} = f_{L,el,req} \quad (105)$$

dove, essendo la quota complessivamente richiesta dai vari servizi, Eel,req, pari a:

$$E_{el,req} = \left(E_{H,el,g,in} + W_{H,in} + W_{V,in}\right) + \left(E_{C,el,g,in} + W_{C,in} + E_{HC,el,g,in}\right) + \left(E_{HW,el,g,in} + W_{W,in}\right) + \left(E_{L,el,in}\right) + \left(W_{GS,in}\right) \quad (106)$$

si hanno i seguenti fattori di ripartizione dell'energia elettrica richiesta, Eel,req, rispetto ai vari servizi resi:

$$f_{H,el,req} = \frac{E_{H,el,g,in} + W_{H,in} + W_{V,in} + f_{GS,H} \cdot W_{GS,in}}{E_{el,req}}$$

$$f_{C,el,req} = \frac{E_{C,el,g,in} + W_{C,in} + E_{HC,el,g,in} + f_{GS,C} \cdot W_{GS,in}}{E_{el,req}}$$

$$f_{W,el,req} = \frac{E_{HW,el,g,in} + W_{W,in} + f_{GS,W} \cdot W_{GS,in}}{E_{el,req}}$$

$$f_{L,el,req} = \frac{E_{L,el,in}}{E_{el,req}} \quad \text{con:} \quad f_{H,el,req} + f_{C,el,req} + f_{W,el,req} + f_{L,el,req} = 1 \quad (107)$$

e con:

$$f_{GS,H} = \frac{Q_{HS,g,out,H}}{Q_{HS,g,out}}$$

$$f_{GS,C} = \frac{Q_{HS,g,out,C}}{Q_{HS,g,out}} \quad \text{con:} \quad f_{GS,H} + f_{GS,C} + f_{GS,W} = 1$$

$$f_{GS,W} = \frac{Q_{HS,g,out,W}}{Q_{HS,g,out}} \qquad (108)$$

dove:

fGS,H è il fattore di ripartizione dell'energia termica fornita dal generatore solare al servizio di riscaldamento o climatizzazione invernale;

fGS,C è il fattore di ripartizione dell'energia termica fornita dal generatore solare al servizio di raffrescamento o climatizzazione estiva;

FGS,W è il fattore di ripartizione dell'energia termica fornita dal generatore solare al servizio della produzione di acqua calda sanitaria.

- per l'energia elettrica ceduta alla rete, Eel,exp,:

nell'ipotesi di ripartire l'eventuale eccesso di autoproduzione proporzionalmente al fabbisogno elettrico di ogni servizio, si ha:

$$r_{H,el,exp} = f_{H,el,req}$$

$$r_{C,el,exp} = f_{C,el,req}$$

$$r_{W,el,exp} = f_{W,el,req} \quad \text{con:} \quad r_{H,el,exp,i} + r_{C,el,exp,i} + r_{W,el,exp,i} + r_{L,el,exp,i} = 1$$

$$r_{L,el,exp} = f_{L,el,req} \qquad (109)$$

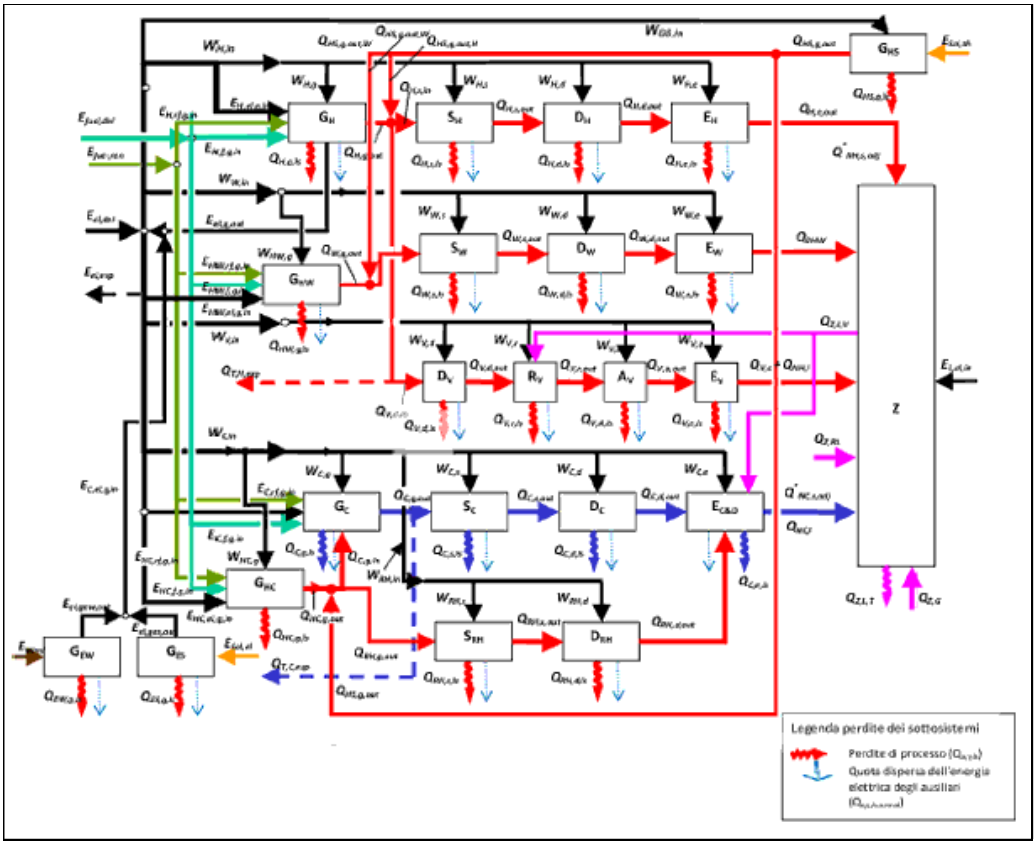


Figura 12 - Schematizzazione dell'impianto termico con generazione termica separata

- per l'energia del vettore energetico non rinnovabile non elettrico in ingresso al sistema, Efuel,del:

$$r_{H,fuel,del} = \frac{E_{H,f,g,in}}{E_{fuel,del}} \cdot \left(f_{GH,Q} + f_{GH,el} \cdot f_{H,el,req}\right)$$

$$r_{C,fuel,del} = \frac{E_{HC,f,g,in}}{E_{fuel,del}} + \frac{E_{C,f,g,in}}{E_{fuel,del}} + \frac{E_{H,f,g,in}}{E_{fuel,del}} \cdot \left(f_{GH,el} \cdot f_{C,el,req}\right)$$

$$r_{W,fuel,del} = \frac{E_{HW,f,g,in}}{E_{fuel,del}} + \frac{E_{H,f,g,in}}{E_{fuel,del}} \cdot \left(f_{GH,el} \cdot f_{W,el,req}\right)$$

$$r_{L,fuel,del} = \frac{E_{H,f,g,in}}{E_{fuel,del}} \cdot \left(f_{GH,el} \cdot f_{L,el,req}\right) \quad \text{con:} \quad r_{H,fuel,del} + r_{C,fuel,del} + r_{W,fuel,del} + r_{L,fuel,del} = 1 \qquad (110)$$

- per l'energia elettrica fornita da fonte solare, Eel,sol,:

$$r_{H,el,sol} = f_{H,el,req}$$

$$r_{C,el,sol} = f_{C,el,req}$$

$$r_{W,el,sol} = f_{W,el,req} \quad \text{con:} \quad r_{H,el,sol} + r_{C,el,sol} + r_{W,el,sol} + r_{L,el,sol} = 1$$

$$r_{L,el,sol} = f_{L,el,req} \qquad (111)$$

- per l'energia elettrica fornita da fonte eolica, Eel,wind,:

$$r_{H,el,wind} = f_{H,el,req}$$
$$r_{C,el,wind} = f_{C,el,req}$$
$$r_{W,el,wind} = f_{W,el,req} \quad con: \quad r_{H,el,wind} + r_{C,el,wind} + r_{W,el,wind} + r_{L,el,wind} = 1$$
$$r_{L,el,wind} = f_{L,el,req} \qquad (112)$$

- per l'energia termica fornita da fonte solare, Eth,sol,:

$$r_{H,th,sol} = f_{GS,H}$$
$$r_{C,th,sol} = f_{GS,C}$$
$$r_{W,th,sol} = f_{GS,W} \quad con: \quad r_{H,th,sol} + r_{C,th,sol} + r_{W,th,sol} = 1 \qquad (113)$$

- per l'energia del vettore energetico rinnovabile non elettrico in ingresso al sistema, Efuel,ren:

$$r_{H,fuel,ren} = \frac{E_{H,rf,g,in}}{E_{fuel,ren}} \cdot \left(f_{GH,Q} + f_{GH,el} \cdot f_{H,el,req}\right)$$
$$r_{C,fuel,ren} = \frac{E_{HC,rf,g,in}}{E_{fuel,ren}} + \frac{E_{C,rf,g,in}}{E_{fuel,ren}} + \frac{E_{H,rf,g,in}}{E_{fuel,ren}} \cdot \left(f_{GH,el} \cdot f_{C,el,req}\right)$$
$$r_{W,fuel,ren} = \frac{E_{HW,rf,g,in}}{E_{fuel,ren}} + \frac{E_{H,rf,g,in}}{E_{fuel,ren}} \cdot \left(f_{GH,el} \cdot f_{W,el,req}\right)$$
$$r_{L,fuel,ren} = \frac{E_{H,rf,g,in}}{E_{fuel,ren}} \cdot \left(f_{GH,el} \cdot f_{L,el,req}\right) \quad con: \; r_{H,fuel,ren} + r_{C,fuel,ren} + r_{W,fuel,ren} + r_{L,fuel,ren} = 1 \qquad (114)$$

Le quantità riportate in Figura 12, aggiuntive rispetto a quelle già identificate in Figura 11, rappresentano rispettivamente:

EHW,el,g,in è l'energia eventualmente fornita al sottosistema di generazione - HW - dal vettore energia elettrica per alimentare apparati che convertano tale vettore in energia termica per la produzione dedicata di acqua calda sanitaria, [kWh];

EHW,rf,g,in è l'energia eventualmente fornita al sottosistema di generazione - HW - dal generico vettore energetico rinnovabile non elettrico (biomasse, RSU, biogas, ecc.) per alimentare caldaie o altri apparati che convertano tale vettore in energia termica per la produzione dedicata di acqua calda sanitaria, [kWh];

EHC,el,g,in è l'energia eventualmente fornita al sottosistema di generazione - HC - dal vettore energia elettrica per alimentare apparati che convertano tale vettore in energia termica dedicata all'alimentazione di macchine frigorifere e/o del post-riscaldamento nella climatizzazione estiva, [kWh];

EHC,rf,g,in è l'energia eventualmente fornita al sottosistema di generazione - HC - dal generico vettore energetico rinnovabile non elettrico (biomasse, RSU, biogas, ecc.) per alimentare caldaie o altri apparati che convertano tale vettore in energia termica per il riscaldamento di un fluido termovettore dedicato all'alimentazione di macchine frigorifere e/o del post-riscaldamento nella climatizzazione estiva, [kWh];

QHW,g,out è l'energia termica complessivamente prodotta dal sottosistema di generazione - HW - dedicato alla produzione di acqua calda sanitaria, [kWh];

QHC,g,out è l'energia termica complessivamente prodotta dal sottosistema di generazione - HC - per il riscaldamento di un fluido termovettore dedicato all'alimentazione di macchine frigorifere e/o del post-riscaldamento nella climatizzazione estiva, [kWh];

QHS,g,out,W è la quota dedicata alla produzione dell'acqua calda sanitaria dell'energia termica prodotta tramite il riscaldamento di un fluido termo vettore dal sottosistema di generazione solare, [kWh];

QHSgoutH è la quota dedicata al riscaldamento ambientale o climatizzazione invernale dell'energia termica prodotta tramite il riscaldamento di un fluido termovettore dal sottosistema di generazione solare, [kWh];

QHS,g,out,C è la quota dedicata al raffrescamento ambientale o climatizzazione estiva dell'energia termica prodotta tramite il riscaldamento di un fluido termovettore dal sottosistema di generazione solare, [kWh].

E. 7.2.2 Energia elettrica autoprodotta ed esportata

L'energia elettrica autoprodotta dal sistema impiantistico, Eel,self, è in generale pari a:

$$E_{el,self} = E_{el,g,out} + E_{el,ges,out} + E_{el,gew,out} \qquad (115)$$

dove:

Eel,self è l'energia elettrica autoprodotta dal sistema impiantistico, [kWh];

Eel,g,out è l'energia elettrica eventualmente prodotta dal sottosistema di generazione - Centrale Termica - per il riscaldamento di un fluido termovettore qualora impieghi un cogeneratore termo-elettrico, [kWh];

Eel,ges,out è l'energia elettrica eventualmente prodotta tramite pannelli fotovoltaici, [kWh];

Eel,gew,out è l'energia elettrica eventualmente prodotta tramite generatori eolici, [kWh].

Per la (94) e la (115) il bilancio elettrico mensile diventa:

$$E_{el,del,m} - E_{el,exp,m} = E_{el,req,m} - E_{el,self,m} \qquad (116)$$

dove:

Eel,del è l'energia elettrica complessivamente fornita all'edificio per i servizi richiesti, [kWh];

Eel,exp è l'energia elettrica eventualmente ceduta alla rete elettrica nazionale, qualora vi sia autoproduzione eccedente il fabbisogno, [kWh];

Eel,req è l'energia elettrica complessivamente richiesta dai vari servizi, [kWh];

Eel,self è l'energia elettrica autoprodotta dal sistema impiantistico, [kWh];

m è l'indice del generico mese dell'anno.

Nel generico mese m si possono presentare due casi:

- $E_{el,del,m} - E_{el,exp,m} \geq 0 \quad \Rightarrow$ non si ha energia esportata;
- $E_{el,del,m} - E_{el,exp,m} < 0 \quad \Rightarrow$ si ha energia esportata.

In assenza di un calcolo dettagliato dei profili temporali di autoproduzione e di domanda elettrica, la separazione tra produzione e richiesta viene fatta su base mensile nel seguente modo:

1. si suppone che la domanda sia soddisfatta solo dall'autoproduzione e si calcola l'eventuale eccesso o debito come:

$$\Delta E_{el,self,m} = E_{el,self,m} - E_{el,req,m} \quad (117)$$

2. se si ha un eccesso di energia elettrica autoprodotta ($\Delta E_{el,self,m} \geq 0$) si assume che nel mese m si abbia solo esportazione; se invece si ha un debito ($\Delta E_{el,self,m} < 0$) si assume che nel mese m si abbia solo importazione; in tale ipotesi l'energia elettrica importata e quella esportata sono calcolabili come:

$$E_{el,exp,m} = \max[0;\ \Delta E_{el,self,m}]$$
$$E_{el,del,m} = -\min[0;\ \Delta E_{el,self,m}] \quad (118)$$

dove:

Eel,exp è l'energia elettrica eventualmente ceduta alla rete elettrica nazionale, qualora vi sia autoproduzione eccedente il fabbisogno, [kWh];

Eel,del è l'energia elettrica complessivamente fornita all'edificio per i servizi richiesti, [kWh];

m è l'indice del generico mese dell'anno.

E.7.3 Schematizzazione del generico sottosistema impiantistico

Per ogni sottosistema, identificato con il pedice y, appartenente al sistema impiantistico x-esimo, vale, in generale, il seguente bilancio energetico:

$$Q_{x,y,in} + W_{x,y} = Q_{x,y,out} + Q_{x,y,L} \quad (119)$$

dove:

Qx y,in è l'energia termica in ingresso al generico sottosistema y-esimo, [kWh];

Wx y è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del generico sottosistema y-esimo, [kWh];

Qx, yout è l'energia termica richiesta al generico sottosistema y-esimo [kWh];

Qx,yL è l'energia termica dispersa complessivamente dal generico sottosistema y-esimo, [kWh].

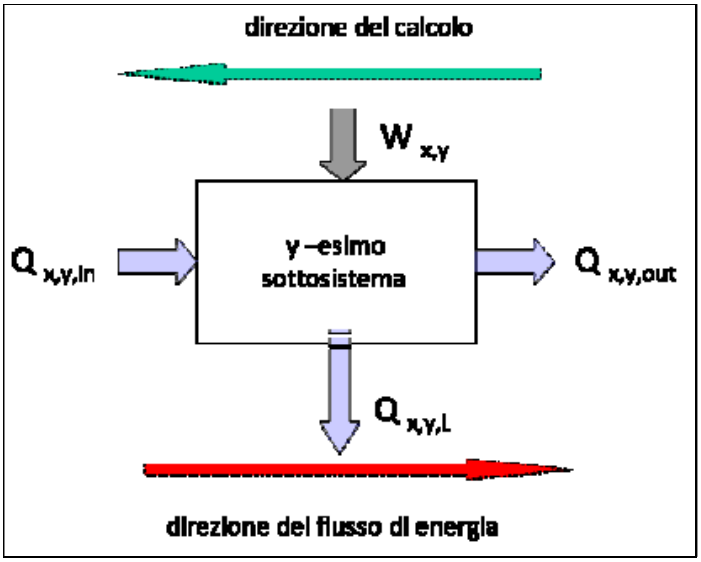


Figura 13 - Descrizione funzionale del sottosistema y del sistema impiantistico x

L'energia elettrica degli ausiliari viene totalmente convertita in energia termica, parzialmente recuperata in termini di incremento dell'energia termica in uscita al sottosistema, cioè:

$$W_{x,y} = Q_{x,y,Aux} = Q_{x,y,Aux,rvd} + Q_{x,y,Aux,nrvd} = k_{x,y} \cdot W_{x,y} + \left(1 - k_{x,y}\right) \cdot W_{x,y} \quad (120)$$

dove:

Wx,y è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del generico sottosistema y-esimo, [kWh];

Qx,y,Aux,rvd è la quota recuperata dell'energia elettrica degli ausiliari in termini di incremento dell'energia termica in uscita al sottosistema y-esimo, [kWh];

Qx,y,Aux,nrvd è la quota dispersa dell'energia elettrica degli ausiliari verso l'ambiente esterno al sottosistema y-esimo, [k Wh];

kx,y è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del generico sottosistema y-esimo.

L'energia termica complessivamente dispersa dal sottosistema y-esimo è a sua volta data da:

$$Q_{x,y,L} = Q_{x,y,ls} + Q_{x,y,Aux,nrvd} = Q_{x,y,ls} + \left(1 - k_{x,y}\right) \cdot W_{x,y} \quad (121)$$

dove:

Qx,yL è l'energia termica complessivamente dispersa dal sottosistema y-esimo, [kWh];

Qx,y,ls è la perdita termica di processo, cioè l'energia termica dispersa dal sottosistema y-esimo al netto della quota relativa alla dispersione termica degli ausiliari, legata alla modalità di trasferimento dell'energia termica dall'ingresso all'uscita del sottosistema considerato, [kWh];

Qx,y,Aux,nrcvd è la quota dispersa dell'energia elettrica degli ausiliari verso l'ambiente esterno al sottosistema y-esimo, [k Wh].

Tale energia termica dispersa può in parte essere eventualmente recuperata da un altro sottosistema o sistema, cioè in generale si ha:

$$Q_{x,y,L} = Q_{x,y,L,rbl} + Q_{x,y,L,nrbl} \quad (122)$$

dove:

Qx,y,L,rbl è la quota eventualmente recuperabile dal sistema involucro dell'energia termica dispersa dal sottosistema y-esimo, [kWh];

Qx,y,L,nrbl è la quota eventualmente non recuperabile dal sistema involucro dell'energia termica dispersa dal sottosistema y-esimo, [kWh].

Introdotte tali ripartizioni nel bilancio energetico espresso dalla (119) si ottiene il seguente bilancio termico:

$$Q_{x,y,in} = Q_{x,y,out} + Q_{x,y,ls} - k_{x,y} \cdot W_{x,y} \quad (123)$$

da cui si può calcolare l'energia termica richiesta in ingresso, per ogni sottosistema, note l'energia termica richiesta in uscita, le perdite termiche di processo e la quota recuperata dell'energia elettrica degli ausiliari.

Le perdite termiche di processo dei sottosistemi, ove possibile, vengono determinate attraverso l'impiego del rendimento del sottosistema, $\eta_{x,y}$ secondo la seguente relazione:

dove:

Qx,y,ls è la perdita termica di processo, cioè l'energia termica dispersa dal sottosistema y-esimo al netto della quota relativa alla dispersione termica degli ausiliari, legata solo al modo in cui il sottosistema "trasferisce" l'energia termica dall'ingresso all'uscita del sottosistema considerato, [kWh];

$\eta_{x,y}$ è il rendimento del sottosistema y-esimo;

Qx y out è l'energia termica richiesta al generico sottosistema y-esimo [kWh].

Ai fini della presente procedura di calcolo la determinazione del rendimento del sottosistema y-esimo, r|xy, si effettua utilizzando i prospetti contenenti dati precalcolati in funzione della tipologia di sottosistema e di uno o più parametri caratteristici.

E.7.4 Perdite recuperabili e fabbisogno termico netto

La procedura di calcolo del fabbisogno di energia primaria dell'edificio segue, nella sua applicazione, un percorso inverso a quello delineato dai flussi di energia tra i vari sottosistemi, come riportato in Figura 11.

Il calcolo parte quindi dai fabbisogni termici della zona termica (o edificio se mono-zona), nelle sue varie componenti, e procede a ritroso con la determinazione delle perdite termiche di ogni sottosistema e degli assorbimenti elettrici degli ausiliari. Note tali perdite è possibile calcolare la quota eventualmente recuperata dal sistema involucro della zona termica, QZ,RL, definita come:

$$Q_{Z,LR} = \sum_{x=1}^{N_{imp}} \sum_{y=1}^{N_{sub}} \left(f_{R,x,y} \cdot Q_{x,y,L} \right) \quad (125)$$

dove:

QZ,l.r è la quota parte delle perdite termiche dei sottosistemi recuperata dal sistema involucro della zona termica considerata, [kWh];

Qx,y,L è l'energia termica dispersa complessivamente dal generico sottosistema y-esimo appartenente al sistema impiantistico x-esimo, tale grandezza può essere sia positiva (perdita) sia negativa (guadagno), [kWh];

fR,x,y è il fattore di recupero dell'energia termica dispersa complessivamente dal generico sottosistema y-esimo appartenente al sistema impiantistico x-esimo;

Nimp è il numero di sistemi impiantistici che servono la zona termica considerata;

Nsub è il numero di sottosistemi impiantistici che servono la zona termica considerata.

In presenza di perdite recuperate occorre ripetere il calcolo partendo dal fabbisogno termico netto della zona termica, definito come:

$$Q^{*}_{NH,s} = Q_{NH,s} - Q_{Z,LR} \quad (126)$$

$$Q^{*}_{NC,s} = Q_{NC,s} + Q_{Z,LR} \quad (127)$$

dove:

Q*NH,S è il fabbisogno di energia termica per il solo riscaldamento "sensibile" della zona termica al netto delle perdite recuperate, [kWh];

Q*NC,S è il fabbisogno di energia termica per il solo raffrescamento "sensibile" della zona termica al netto delle perdite recuperate, [kWh];

QZ,l.r è la quota parte delle perdite termiche dei sottosistemi recuperata dal sistema involucro della zona termica considerata, [kWh].

Il calcolo così impostato richiederebbe di procedere per iterazioni successive, giacché cambiando il fabbisogno termico netto della zona variano anche le perdite dei vari sottosistemi impiantistici, la loro quota recuperata e quindi ancora il fabbisogno termico netto definito sopra.

Per evitare tali iterazioni, si considerano nulli tutti i fattori di recupero dell'energia termica dispersa complessivamente da ogni sottosistema impiantistico relativo ad ogni servizio, ad esclusione di quelli relativi alla produzione, all'accumulo, alla distribuzione e all'erogazione dell'acqua calda sanitaria; cioè:

$$Q_{Z,LR} = \sum_{y=1}^{N_{sub}} \left(f_{R,W,y} \cdot Q_{W,y,L} \right) \quad (128)$$

dove:

QZ,l.r è la quota parte delle perdite termiche complessive dei sottosistemi recuperata dal sistema involucro della zona termica considerata, [kWh];

fR,W,y è il fattore di recupero dell'energia termica dispersa complessivamente dal generico sottosistema y-esimo appartenente al sistema impiantistico asservito alla produzione di acqua calda sanitaria;

QW,y,L è l'energia termica dispersa complessivamente dal generico sottosistema y-esimo appartenente al sistema impiantistico asservito alla produzione di acqua calda sanitaria, [kWh];

Nsub è il numero di sottosistemi impiantistici che servono la zona termica considerata.

I termini QW,y,L sono sempre positivi (solo perdite) e quindi QZ,l.r è sempre definito positivo, sia nella stagione di riscaldamento sia nella stagione di raffrescamento.

Di conseguenza prima di procedere al calcolo del fabbisogno di energia primaria per gli altri servizi erogati, occorre calcolare la richiesta di energia termica per la produzione di acqua calda sanitaria e le relative perdite.

E.7.5 Ripartizione delle potenze termiche/elettriche ed assorbimenti elettrici da considerare nel calcolo

Nel caso in cui l'edificio, o la porzione di edificio oggetto di certificazione energetica, sia servito da uno o più sistemi di generazione e ausiliari elettrici condivisi con altri edifici o porzioni di edificio non coinvolti nella certificazione, le potenze termiche/elettriche devono essere corrette o in funzione del fabbisogno di energia termica dell'involucro delle zone termiche oggetto di certificazione o in funzione dell'effettivo volume lordo considerato.

Gli assorbimenti elettrici da considerare nel calcolo sono quelli di progetto, in assenza di tali dati si assumono le potenze elettriche di targa.

E.7.6 Efficienza energetica dell'edificio e dell'impianto termico

La caratterizzazione della prestazione energetica dell'edificio e dell'impianto termico è realizzata attraverso l'introduzione del concetto di efficienza energetica, che è definita in generale come il rapporto tra l'effetto richiesto e la spesa effettuata per ottenerlo. Tale definizione di efficienza fa sempre riferimento alla spesa energetica in termini di energia primaria, indipendentemente dalla effettiva sorgente o vettore energetico impiegato, per consentire la comparabilità delle diverse soluzioni impiantistiche ai fini della riduzione dell'impiego dei combustibili fossili e della CO2.

Si definiscono quindi più efficienze per mettere in evidenza i vari processi di conversione dell'energia legati ai diversi servizi, riscaldamento o climatizzazione invernale, raffrescamento o climatizzazione estiva, produzione di acqua calda sanitaria, illuminazione, produzione di energia elettrica e/o termica; si definiscono inoltre delle efficienze globali, sia per i diversi servizi, sia per l'edificio, per caratterizzarne complessivamente la prestazione.

E. 7.6.1 Efficienza globale media annuale dell'edificio

L'efficienza globale media annuale dell'edificio corrisponde all'efficienza dell'impianto termico e dell'impianto di illuminazione (quest'ultimo considerato nel calcolo solo per destinazioni d'uso diverse da quella residenziale) nel suo complesso, ε_{gyr}, ed è il rapporto tra il fabbisogno di energia termica ed elettrica per l'insieme dei servizi forniti (riscaldamento o climatizzazione invernale, raffrescamento o climatizzazione estiva, produzione di acqua

calda per usi sanitari, illuminazione ove richiesto) e l'energia primaria delle fonti energetiche, ivi compresa l'energia elettrica dei dispositivi ausiliari. Tale valore viene determinato secondo la:

$$\varepsilon_{g,yr} = \frac{Q_{BH,yr} + Q_{BC,yr} + Q_{DHW,yr} + E_{L,el,in}}{E_P} \quad (129)$$

dove:

εgyr è l'efficienza globale media annuale dell'edificio;

QBH,yr è il fabbisogno annuale di energia termica di riferimento per il riscaldamento o la climatizzazione invernale, definito dall'equazione (1), [kWh];

QBC,yr è il fabbisogno annuale di energia termica di riferimento per il raffrescamento o climatizzazione estiva, definito dall'equazione (2), [kWh];

QDHW,yr è il fabbisogno annuale di energia termica per la produzione di acqua calda ad uso sanitario, definito dall'equazione (140) [kWh];

EL,el,in è il fabbisogno annuale di energia elettrica per la sola illuminazione fissa, definito dall'equazione (357) e considerato solo per destinazioni d'uso non residenziali, [kWh];

EP è il fabbisogno annuale di energia primaria dell'edificio per il riscaldamento o la climatizzazione invernale, il raffrescamento o la climatizzazione estiva, la produzione di acqua calda per usi sanitari, l'illuminazione ove richiesto, definito dall'equazione (88), [kWh].

E. 7.6.2 Efficienza globale media annuale per il riscaldamento o la climatizzazione invernale

L'efficienza globale media annuale dell'impianto termico per il servizio di riscaldamento o climatizzazione invernale, εgHyr, è il rapporto tra il fabbisogno di energia termica per il servizio di riscaldamento o climatizzazione invernale e l'energia primaria delle fonti energetiche, ivi compresa l'energia elettrica dei dispositivi ausiliari utilizzata per tale servizio. Tale valore viene determinato secondo la:

$$\varepsilon_{gH,yr} = \frac{Q_{BH,yr}}{E_{PH}} \quad (130)$$

dove:

εgH,yr è l'efficienza globale media annuale dell'impianto termico per il riscaldamento o la climatizzazione invernale;

QBH,yr è il fabbisogno annuale di energia termica di riferimento per il riscaldamento o la climatizzazione invernale, definito dall'equazione (1), [kWh];

EPH è il fabbisogno annuale di energia primaria dell'edificio per il riscaldamento o la climatizzazione invernale dell'edificio definito dall'equazione (89), [kWh].

E. 7.6.3 Efficienza globale media annuale per il raffrescamento o climatizzazione estiva

L'efficienza globale media annuale dell'impianto termico per il servizio di raffrescamento ambientale o climatizzazione estiva, εgC,yr, è il rapporto tra il fabbisogno di energia termica per il servizio di raffrescamento ambientale o climatizzazione estiva e l'energia primaria delle fonti energetiche, ivi compresa l'energia elettrica dei dispositivi ausiliari utilizzata per tale servizio. Tale valore viene determinato secondo la:

$$\varepsilon_{gC,yr} = \frac{Q_{BC,yr}}{E_{PC}} \qquad (131)$$

dove:

εgCyr è l'efficienza globale media annuale dell'impianto termico per il raffrescamento o la climatizzazione estiva;

QBC,yr è il fabbisogno annuale di energia termica di riferimento per il raffrescamento o la climatizzazione estiva, definito dall'equazione (2), [kWh];

EPC è il fabbisogno annuale di energia primaria dell'edificio per il raffrescamento o la climatizzazione estiva dell'edificio definito dall'equazione (90), [kWh].

E. 7.6.4 Efficienza globale media annuale per la produzione di acqua calda ad uso sanitario

L'efficienza globale media annuale dell'impianto termico per il servizio acqua calda sanitaria, εgWyr, è il rapporto tra il fabbisogno di energia termica per il servizio produzione acqua calda sanitaria e l'energia primaria delle fonti energetiche, ivi compresa l'energia elettrica dei dispositivi ausiliari utilizzata per tale servizio. Tale valore viene determinato secondo la:

$$\varepsilon_{gW,yr} = \frac{Q_{DHW,yr}}{E_{PW}} \qquad (132)$$

dove:

εgW,yr è l'efficienza globale media annuale dell'impianto termico per la produzione di acqua calda ad uso sanitario;

Qdhw,yr è il fabbisogno annuale di energia termica per la produzione di acqua calda ad uso sanitario, definito dall'equazione (140), [kWh];

EPWè il fabbisogno annuale di energia primaria dell'edificio per la produzione di acqua calda ad uso sanitario definito dall'equazione (91), [kWh].

E.7.6.5 Efficienza globale media annuale per il riscaldamento o la climatizzazione invernale e la produzione di acqua calda ad uso sanitario

L'efficienza globale media annuale dell'impianto termico per il servizio di riscaldamento o climatizzazione invernale e produzione di acqua calda sanitaria, εgHW,yr, è il rapporto tra il fabbisogno di energia termica per il servizio di riscaldamento o climatizzazione invernale, il fabbisogno di energia termica per il servizio di

produzione acqua calda sanitaria e l'energia primaria delle fonti energetiche, ivi compresa l'energia elettrica dei dispositivi ausiliari utilizzata per tali servizi. Tale valore viene determinato secondo la:

$$\varepsilon_{gL,yr} = \frac{E_{L,el,in}}{E_{PL}} \quad (134)$$

dove:

εgL,yr è l'efficienza globale media annuale del servizio di illuminazione;

EL,el,in è il fabbisogno annuale di energia elettrica per la sola illuminazione fissa, definito dall'equazione (357) e applicabile solo a destinazioni d'uso non residenziali, [kWh];

EPL è il fabbisogno annuale di energia primaria dell'edificio per l'illuminazione fissa definito dall'equazione (92), [kWh].

E.7.6.7 Efficienza di produzione media annuale per il riscaldamento o la climatizzazione invernale

L'efficienza di produzione media stagionale per il servizio riscaldamento o climatizzazione invernale, εpH,yr, è il rapporto tra l'energia termica utile generata ed immessa nell'eventuale accumulatore termico, o direttamente nella rete di distribuzione, del servizio riscaldamento o climatizzazione invernale (compresa la ventilazione meccanica) e l'energia primaria delle fonti energetiche, compresa l'energia elettrica, impiegate per tale generazione, cioè:

$$\varepsilon_{pH,yr} = \frac{Q_{H,s,in} + Q_{V,d,in}}{E_{PH}} \quad (135)$$

dove:

εpH,yr è l'efficienza di produzione media stagionale per il riscaldamento o la climatizzazione invernale;

Qh,s,in è l'energia termica fornita durante l'anno dal sistema di produzione al servizio di riscaldamento (sensibile), [k Wh];

QV,d,in è l'energia termica fornita durante l'anno dal sistema di produzione al servizio di ventilazione meccanica e eventuale umidificazione (latente), [kWh];

EPH è il fabbisogno annuale di energia primaria per il riscaldamento ambientale o la climatizzazione invernale, in [k Wh].

E. 7.6.8 Efficienza di produzione media annuale per il servizio raffrescamento o climatizzazione estiva

L'efficienza di produzione media stagionale per il servizio raffrescamento o climatizzazione estiva, εpC,yr, è il rapporto tra l'energia termica utile generata ed immessa nell'eventuale accumulatore termico, o direttamente nella rete di distribuzione, del servizio di raffrescamento o climatizzazione estiva (compresa la deumidificazione con o senza post-riscaldamento) e l'energia primaria delle fonti energetiche, compresa l'energia elettrica, impiegate per tale generazione, cioè:

$$\varepsilon_{pC,yr} = \frac{Q_{C,g,out} + Q_{RH,g,out}}{E_{PC}} \quad (136)$$

dove:

εpC,yr è l'efficienza di produzione media stagionale per il raffrescamento o climatizzazione estiva;

QC,g,out è l'energia termica fornita durante l'anno dal sistema di produzione al servizio di raffrescamento o climatizzazione estiva (sensibile + latente), [kWh];

QRH,g,out è l'energia termica fornita durante l'anno dal sistema di produzione al sottosistema di post-riscaldamento, [kWh];

EPCè il fabbisogno annuale di energia primaria per il raffrescamento o climatizzazione estiva, [kWh].

E. 7.6.9 Efficienza di produzione media annuale per il servizio acqua calda sanitaria

L'efficienza di produzione media stagionale per il servizio di acqua calda sanitaria, εpWyr, è il rapporto tra l'energia termica utile generata ed immessa nell'eventuale accumulatore termico, o direttamente nella rete di distribuzione del sevizio acqua calda sanitaria e l'energia primaria delle fonti energetiche, compresa l'energia elettrica, impiegate per tale generazione, cioè:

$$\varepsilon_{pC,yr} = \frac{Q_{W,s,in}}{E_{PW}} \quad (137)$$

dove:

εpW,yr è l'efficienza di produzione media annuale per la produzione di acqua calda sanitaria;

QW,s,in è l'energia termica fornita durante l'anno dal sistema di produzione al servizio acqua calda sanitaria, [kWh];

EPW è il fabbisogno annuale di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria, [kWh].

E. 7.6.10 Efficienza di produzione media annuale per l'autoproduzione di energia elettrica

L'efficienza di produzione media stagionale per autoproduzione di energia elettrica, εpE,yr, è il rapporto tra l'energia elettrica generata in autoproduzione, sia da fonti non rinnovabili che rinnovabili, e l'energia primaria delle fonti energetiche impiegate per tale generazione, cioè:

$$\varepsilon_{pE,yr} = \frac{\sum_{m=1}^{12} E_{el,self,m}}{E_{PE}} \quad (138)$$

dove:

εpE,yr è l'efficienza di produzione media annuale per l'energia elettrica autoprodotta;

Eel,self,m è l'energia elettrica autoprodotta mensilmente, calcolabile secondo la (115), [kWh];

EPEè il fabbisogno annuale di energia primaria per l'energia elettrica autoprodotta, [kWh], calcolato come:

$$E_{PE} = \sum_{m=1}^{12} \left(f_{GH,Q} \cdot f_{p,fuel,del} \cdot E_{fuel,del} + f_{GH,Q} \cdot f_{p,fuel,ren} \cdot E_{fuel,ren} + f_{p,el,sol} \cdot E_{el,sol} + f_{p,el,wind} \cdot E_{wind} \right)_m \quad (139)$$

dove:

fgh,q è il fattore di utilizzazione del sistema di cogenerazione come generatore termico;

fp,fuel,del è il fattore di conversione in energia primaria dell'energia da combustibile fossile fornita all'edificio dal generico vettore energetico non elettrico;

Efuel,del è l'energia complessivamente fornita all'edificio dal generico vettore energetico non elettrico (gas, olio combustibile, biomasse, teleriscaldamento, ecc.), [kWh];

f p,fuel,ren è il fattore di conversione in energia primaria dell'energia da combustibile rinnovabile fornita all'edificio dal generico vettore energetico non elettrico;

Efuel,ren è l'energia complessivamente fornita all'edificio dal generico vettore energetico non elettrico rinnovabile (biomasse, RSU, biogas, ecc.), [kWh];

fp,el,sol è il fattore di conversione in energia primaria dell'energia solare impiegata per l'autoproduzione tramite panelli fotovoltaici;

Eelsol è l'energia energia solare complessivamente utilizzata per l'autoproduzione elettrica tramite pannelli fotovoltaici, [kWh];

f p,el,wind è il fattore di conversione in energia primaria dell'energia eolica impiegata per l'autoproduzione tramite generatori eolici;

Ewind è l'energia eolica complessivamente utilizzata per l'autoproduzione elettrica tramite generatori eolici, [kWh];

m è l'indice del mese.

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/26

E.8 Produzione ACS: energia termica richiesta al sistema di generazione ed energia elettrica assorbita dagli ausiliari, energia complessivamente richiesta in generazione separata

E.8 PRODUZIONE ACS: ENERGIA TERMICA RICHIESTA AL SISTEMA DI GENERAZIONE ED ENERGIA ELETTRICA ASSORBITA DAGLI AUSILIARI, ENERGIA COMPLESSIVAMENTE RICHIESTA IN GENERAZIONE SEPARATA

E.8.1 Fabbisogno termico annuale per la produzione di acqua calda sanitaria

La quantificazione del fabbisogno termico per la produzione di acqua calda ad usi igienico-sanitari, Qdhw, si determina effettuando un calcolo mensile e considerando un periodo di utilizzo giornaliero di 24 ore esteso a tutto l'anno.

$$Q_{DHW,yr} = \sum_{i=1}^{12} Q_{DHW,i} \qquad (140)$$

dove:

Qdhw,yr è il fabbisogno termico annuale per la produzione dell'acqua calda sanitaria, [kWh];

Qdhw,i è il fabbisogno energetico per la produzione dell'acqua calda sanitaria nel mese i-esimo, [kWh].

E.8.2 Fabbisogno termico mensile per la produzione di acqua calda sanitaria

Il fabbisogno termico mensile per la produzione dell'acqua calda sanitaria è dato da:

$$Q_{DHW} = \rho \cdot c \cdot V_w \cdot (\theta_{er} - \theta_0) \cdot N \cdot 10^{-3} \qquad (141)$$

dove:

ρ è la massa volumica dell'acqua, assunta pari a 1 kg/l;

c è la capacità termica specifica dell'acqua, assunta pari a 1,162 Wh/kg K;

Vw è il volume dell'acqua richiesta durante il periodo di calcolo, [l/giorno];

ϑer è la temperatura di erogazione dell'acqua calda sanitaria assunta pari a 40°C;

ϑ0 è la temperatura di ingresso dell'acqua calda sanitaria, (Prospetto XXX);

N è il numero di giorni del mese considerato.

Temperature	Da ottobre a febbraio	Da marzo a settembre
Temperatura di utilizzo	40°C	40°C
Temperatura dell'acqua fredda all'ingresso dell'accumulo	8°C	12°C

Prospetto XXX - Temperatura media di utilizzo dell'acqua calda sanitaria e dell'acqua fredda all'ingresso dell'accumulo

I volumi giornalieri di acqua calda sanitaria sono dati da:

$$V_w = a \cdot Nu \qquad (142)$$

dove:

Vw è il volume dell'acqua richiesta durante il periodo di calcolo, [l/giorno];

a è il fabbisogno giornaliero specifico;

Nu è un parametro che dipende dalla destinazione d'uso dell'edificio.

Nel caso di destinazione d'uso residenziale il valore Nu si assume pari alla superficie utile dell'unità immobiliare. Il valore di a si ricava dal Prospetto XXXI nel quale sono indicati anche i fabbisogni di energia termica utile in Wh/m2 giorno e in kWh/m2 anno.

Fabbisogni	Calcolo in base al valore di superficie utile per unità immobiliare [*] [m2]			Valore medio riferito ad A=80 m2
	$A \leq 50$	$50 < A \leq 220$	> 200	
a	1,8	$4{,}514 \cdot A^{-0{,}2356}$	1,3	1,6
[*] I valori di superficie sono riferiti ad unità immobiliare. Nel caso di valutazione di intero edificio si assume il valore medio di 1,6 l/m2giorno corrispondente al valore del prospetto per una superficie per alloggio di 80 m2				

Prospetto XXXI - Valori di fabbisogno giornaliero specifico per il calcolo del fabbisogno di acqua calda sanitaria per destinazione d'uso residenziale

(Fonte: UNI TS 11300-2:2008)

Per destinazioni d'uso diverse dal residenziale si fa riferimento al prospetto seguente:

Tipo di attività	a	Nu
Hotel senza lavanderia 1 stella	40 l/G letto	Numero di letti

2 stelle 3 stelle 4 stelle	50 l/G letto 60 l/G letto 70 l/G letto	
Hotel con lavanderia 1 stella 2 stelle 3 stelle 4 stelle	 50 l/G letto 60 l/G letto 70 l/G letto 80 l/G letto	Numero di letti
Altre attività ricettive diverse dalle precedenti	28 l/G letto	Numero di letti
Attività ospedaliera - day hospital	10 l/G letto	Numero di letti
Attività ospedaliera con pernottamento	90 l/G letto	Numero di letti
Scuole di tutti i livelli e assimilabili	15 l/G persona	Numero di persone
Edifici adibiti ad attività sportive	100 l/G doccia	Numero di docce
Edifici per uffici e assimilabili, per attività commerciali e industriali	20 l/G persona	Numero di persone
N.B. G = giorno		

Prospetto XXXII - Coefficienti per il calcolo del fabbisogno di ACS per destinazioni d'uso diverse dal residenziale

(Fonte: UNI TS 11300-2:2208)

E.8.3 Fabbisogno termico di energia primaria per la produzione di acqua calda ad usi sanitari

Ai fini del calcolo del fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda ad usi sanitari si considerano i seguenti casi:

a) produzione di acqua calda sanitaria con sistema dedicato (scaldacqua autonomo o sistema centralizzato);

b) produzione con sistema combinato (generatore autonomo combinato o sistema centralizzato combinato).

In entrambi i casi il calcolo viene condotto mensilmente. Nel caso b), nel periodo di attivazione del riscaldamento, l'energia termica richiesta al generatore di calore per la produzione di acqua calda sanitaria si somma a quella per il riscaldamento per lo stesso periodo e il calcolo delle perdite per il sottosistema di generazione viene condotto in maniera analoga a quanto previsto per il riscaldamento. Nel periodo di non attivazione del riscaldamento si effettua il calcolo per la sola produzione di acqua calda sanitaria.

E.8.3.1 Bilancio energetico del sottosistema di erogazione

Le perdite termiche di processo del sistema di erogazione dell'acqua calda sanitaria si calcolano tramite la:

$$Q_{W,e,ls} = \left(\frac{1}{\eta_{eW}} - 1\right) \cdot Q_{DHW} \qquad (143)$$

dove:

QW,e,ls è la perdita termica di processo del sistema di erogazione, [kWh];

Qdhw è il fabbisogno di energia termica per la produzione di acqua calda sanitaria, [kWh];

η_{eW} è il rendimento del sistema di erogazione, assunto pari a 0,95.

Il fabbisogno di energia elettrica del sistema di erogazione, WW,e, è legato ad erogatori e/o riscaldatori istantanei di acqua calda alimentati elettricamente ed è dato dal prodotto tra la potenza complessiva degli ausiliari e il tempo di funzionamento dell'impianto di produzione, secondo la relazione:

$$W_{W,e} = \sum_i \dot{W}_{W,e,i} \cdot 24 \cdot N \qquad (144)$$

WW,e è il fabbisogno di energia elettrica del sistema di erogazione, [kWh];

$\dot{W}_{W,e,i}$ è la potenza dell'ausiliario i-esimo al servizio del sistema di erogazione, [kW];

N è il numero dei giorni del mese considerato.

L'energia termica complessivamente dispersa dal sottosistema di erogazione è data da:

$$Q_{W,e,L} = Q_{W,e,ls} + \left(1 - k_{W,e}\right) \cdot W_{W,e} \qquad (145)$$

dove:

QW,e,L è l'energia termica dispersa complessivamente dal sottosistema di erogazione, [kWh];

QW,e,ls è la perdita termica di processo del sistema di erogazione, [kWh];

kWe è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sottosistema di erogazione; si assume normalmente pari a 0, salvo il caso in cui tali ausiliari siano erogatori e/o riscaldatori istantanei di acqua

calda alimentati elettricamente, per i quali si assume pari a 1;

WW,e è il fabbisogno di energia elettrica del sistema di erogazione, [kWh].

Le perdite complessive, così calcolate, si considerano tutte non recuperabili ai fini del calcolo del fabbisogno termico netto dell'edificio, cioè:

$$Q_{Z,RL,e} = f_{R,W,e} \cdot Q_{W,e,L} \qquad (146)$$

dove:

QZ,l.r.e è la quota parte delle perdite termiche del sottosistema di erogazione recuperata dal sistema involucro della zona termica considerata, [kWh];

fRWe è il fattore di recupero del sottosistema di erogazione,assunto pari a 0;

QW,e,L è l'energia termica dispersa complessivamente dal sottosistema di erogazione, [kWh].

E.8.3.2 Bilancio energetico del sottosistema di distribuzione

L'energia termica richiesta al sottosistema di distribuzione è data da:

$$Q_{W,d,out} = Q_{DHW} + Q_{W,e,ls} - k_{W,e} \cdot W_{W,e} \qquad (147)$$

dove:

QW,d,out è l'energia termica richiesta al sistema di distribuzione, [kWh];

Qdhw è il fabbisogno di energia termica per la produzione di acqua calda sanitaria, [kWh];

QW,e,ls è la perdita termica di processo del sistema di erogazione, [kWh];

kW, e è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sottosistema di erogazione; si assume normalmente pari a 0, salvo il caso in cui tali ausiliari siano erogatori e/o riscaldatori istantanei di acqua calda alimentati elettricamente, per i quali si assume pari a 1;

WW,e è il fabbisogno di energia elettrica del sistema di erogazione, [kWh].

Per edifici esistenti, il calcolo delle perdite del sottosistema di distribuzione può essere fatto forfetariamente, distinguendo il caso con e senza anello di ricircolo.

Nel caso in cui il circuito di distribuzione non presenti un anello di ricircolo le perdite del sottosistema di distribuzione dell'acqua calda sanitaria si calcolano tramite la:

$$Q_{W,d,ls} = Q_{W,d,out} \cdot f_{l,w,d} \qquad (148)$$

dove:

QW,d,ls è la perdita termica di processo del sottosistema di distribuzione, [kWh];

QW,d,out è l'energia termica richiesta al sistema di distribuzione, definita dall'equazione (147), [kWh];

fl,W,d è il coefficiente di perdita, (Prospetto XXXIII).

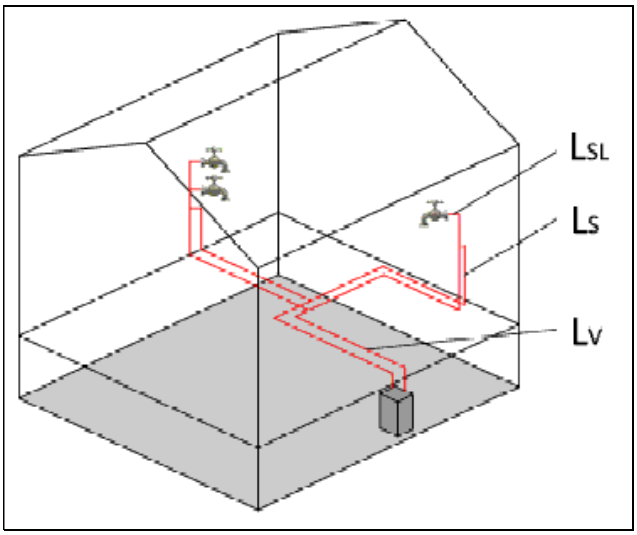
Tipologia del sistema		Coefficiente di perdita fl,W,d	Coefficiente di recupero fR,DHW,d
Sistemi installati prima della L. 373/76	Senza ricircolo	0,12	0,50
Sistemi installati dopo la L. 373/76	Senza ricircolo	0,08	0,50

Prospetto XXXIII - Perdite e recuperi del sottosistema di distribuzione fl,W,d, fR,DHW,d

(Fonte: UNI TS 11300-2:2008)

Qualora sia presente una rete di ricircolo, la perdita termica del sottosistema di distribuzione viene calcolata come somma delle perdite dei tratti di rete di lunghezza LV e LS, che appartengono all'anello di ricircolo, e dei tratti di rete LSL, che non appartengono alla rete di ricircolo (si veda Figura 14), attribuendo alle varie lunghezze dei valori convenzionali in funzione delle dimensioni dell'edificio, oltre che valori convenzionali delle dispersioni specifiche e delle trasmittanze lineari delle tubazioni. Le perdite termiche del sottosistema di distribuzione sono quindi calcolate come:

$$Q_{W,d,ls} = \left[\left(L_V + L_S\right)\cdot \phi_r + U_{SL}\cdot L_{SL}\cdot\left(\theta_{w,avg} - \theta_a\right)\right]\cdot \Delta t \qquad (149)$$



QW,d,ls è la perdita termica di processo del sottosistema di distribuzione, [kWh];

LV è la lunghezza dei tratti della rete che possono essere situati in ambienti non riscaldati, in solai interpiano o nelle pareti dell'edificio e che collegano il generatore con le colonne montanti del sottosistema di distribuzione, [m];

LS è la lunghezza dei tratti orizzontali e/o verticali della rete situati nelle pareti dell'edificio e che costituiscono le colonne montanti del sottosistema di distribuzione, [m];

LSL è la lunghezza dei tratti della rete che collegano le colonne montanti con i terminali di erogazione, [m];

Φr è il flusso termico specifico disperso dai tratti del sottosistema di distribuzione che appartengono alla rete di ricircolo, assunto pari a 40 W/m;

USL è la trasmittanza lineica dei tratti del sottosistema di distribuzione che non appartengono alla rete di ricircolo, assunta pari a 0,35 W/m K;

ϑw,avg è la temperatura media dell'acqua nei tratti della rete di distribuzione, assunta pari a 60°C;

ϑa è la temperatura media dell'ambiente in cui sono installate le tubazioni, si veda il § E.8.3.2.1, [°C];

Δt è la durata del mese considerato (si veda la (17)), [kh].

Lunghezza dei tratti della rete di distribuzione con anello di ricircolo		
LV	LS	LSL
2 · LB + 0,0125 LB · BB	0,075 · LB . BB - nf . hf	0,075 · LB · BB · nf

Prospetto XXXIV - Valori convenzionali della lunghezza dei tratti della rete di distribuzione con anello di ricircolo, LV, LS, LSL

(Fonte: UNI EN 15316-3-2:2008)

dove:

LB è la larghezza maggiore dell'edificio, [m];

BB è la profondità maggiore dell'edificio, [m];

nf è il numero di piani serviti dalla rete di distribuzione, [m];

hf è l'altezza interpiano, [m].

NOTA: qualora siano note le trasmittanze lineiche dei tratti di rete, LV, LS, LSL, si procede al calcolo delle perdite come riportato nella (150).

Per edifici nuovi, il calcolo delle perdite del sistema di distribuzione deve essere fatto in maniera dettagliata. Le perdite totali del sottosistema di distribuzione sono date dalla sommatoria delle perdite dei singoli tratti:

$$Q_{W,d,ls} = \sum_i L_i \cdot U_i \cdot (\theta_{w,avg,i} - \theta_{a,i}) \cdot \Delta t \quad (150)$$

dove:

$Q_{W,d,ls}$ è la perdita termica di processo del sottosistema di distribuzione, [kWh];

L_i è la lunghezza del tratto i-esimo della rete di distribuzione considerato, [m];

U_i è la trasmittanza lineica del tratto i-esimo della rete di distribuzione considerato, [W/m K];

$\vartheta_{w,avg}$ è la temperatura media dell'acqua nei tratti della rete di distribuzione, assunta pari a 60°C;

ϑ_a è la temperatura media dell'ambiente in cui sono installate le tubazioni, [°C]; si veda § E.8.3.2.1;

Δt è la durata del mese considerato (si veda la (17)), [kh].

Per tubazioni correnti in aria e con uno spessore di isolante conforme a quello indicato nell'Allegato B del d.P.R. 412/93 la trasmittanza lineica Ui, espressa in W/mK, in funzione del diametro esterno della tubazione (senza isolante) d, espresso in mm, è calcolabile come:

- $U_i = 0{,}143 + 0{,}0018 \cdot d$

Per montanti verticali posti verso l'interno del fabbricato in intercapedini che, procedendo dall'interno verso l'esterno, precedono lo strato di isolamento termico avente uno spessore conforme a quello indicato nell'Allegato B del d.P.R. 412/93 moltiplicato per 0,5, la trasmittanza lineica Ui, espressa in W/mK, è calcolabile in funzione del diametro esterno della tubazione (senza isolante) d, espresso in mm, come:

- $U_i = 0{,}19 + 0{,}0034 \cdot d$

Per tubazioni correnti entro strutture non affacciate né all'esterno né su locali non riscaldati e con uno spessore di isolante conforme a quello indicato nell'Allegato B del d.P.R. 412/93 moltiplicato per 0,3, la trasmittanza lineica Ui, espressa in W/mK, in funzione del diametro esterno della tubazione (senza isolante) d, espresso in mm, è calcolabile come:

- $U_i = 0{,}225 + 0{,}00532 \cdot d$

Il fabbisogno di energia elettrica del sistema di distribuzione, Wd,W, è dato dal prodotto tra la potenza complessiva degli ausiliari e il tempo di funzionamento dell'impianto di produzione, secondo la relazione:

$$W_{W,d} = \sum_i \dot{W}_{w,d,i} \cdot 24 \cdot N \quad (151)$$

$\dot{W}_{w,d,i}$ indica la potenza dell'ausiliario i-esimo al servizio del sistema di distribuzione, [kW]

N è il numero dei giorni del mese considerato.

Sia per gli edifici esistenti sia per quelli di nuova costruzione, l'energia termica complessivamente dispersa dal sottosistema di distribuzione viene calcolata secondo la:

$$Q_{W,d,L} = Q_{W,d,ls} + \left(1 - k_{W,d}\right) \cdot W_{W,d} \qquad (152)$$

dove:

QW,d,L è l'energia termica dispersa complessivamente dal sottosistema di distribuzione, [kWh];

W,d,ls è la perdita termica di processo del sottosistema di distribuzione, [kWh];

kWd è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sottosistema di distribuzione, assunta pari a 0,85. Nel caso in cui siano installate delle pompe di ricircolo si considerano solo i fabbisogni elettrici e non il relativo recupero termico, per cui kW, d=0;

WW,d è il fabbisogno di energia elettrica dagli ausiliari del sottosistema di distribuzione, [kWh].

Le perdite recuperate, ai fini del calcolo del fabbisogno termico netto dell'edificio, sono date da:

$$Q_{Z,RL,d} = f_{R,W,d} \cdot Q_{W,d,ls} \qquad (153)$$

dove:

QZ,l.r.d è la quota parte delle perdite termiche del sottosistema di distribuzione recuperata dal sistema involucro della zona termica considerata, [kWh];

fR,W,d è il fattore di recupero del sottosistema di distribuzione, rilevabile dal Prospetto XXXIII in caso di assenza di anello di ricircolo, ovvero, assunto pari a 0,2 se dotato di ricircolo;

QW,d,ls è la perdita termica di processo del sottosistema di distribuzione, [kWh].

E.8.3.2.1 Determinazione della temperatura media dell'ambiente in cui sono installate le tubazioni

I valori della temperatura ambiente, ϑa,i, sono assunti pari a:

- per tubazioni all'interno degli ambienti a temperatura controllata o poste in murature affacciate all'interno: temperatura interna prefissata ϑi;

- per tubazioni affacciate all'esterno: temperatura media mensile ϑe;

- per tubazioni affacciate su locali non riscaldati:

temperatura interna media mensile del locale; nell'impossibilità di determinare tali valori si fa riferimento all'equazione (270); per cui si ha:

$$\theta_{a,i} = \theta_i - 0{,}7 \cdot \left(\theta_i - \theta_e\right) \qquad (154)$$

ϑi è la temperatura interna prefissata della zona termica considerata, (si veda § E.3), [°C];

ϑe è il valore medio mensile della temperatura media giornaliera esterna (si veda § E.6.3.7.1), [°C].

E. 8.3.3 Bilancio energetico del sottosistema di accumulo, non integrato con il generatore

L'energia termica richiesta al sottosistema di accumulo, non integrato con il generatore, è data da:

$$Q_{W,s,out} = Q_{W,d,out} + Q_{W,d,ls} - \sum_i k_{W,d,i} \cdot W_{W,d,i} \qquad (155)$$

dove: QW,s,out è l'energia termica richiesta al sottosistema di accumulo, [kWh];

QW,d,out è l'energia termica richiesta al sottosistema di distribuzione, [kWh];

QW,d,ls è la perdita termica di processo del sottosistema di distribuzione, [kWh];

kW,d,i è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dall'i-esimo ausiliario del sottosistema di distribuzione, assunta pari a 0,85. Nel caso in cui siano installate delle pompe di ricircolo si considerano solo i fabbisogni elettrici e non il relativo recupero termico, per cui kW,d,i=0;

WW,d,i è il fabbisogno di energia elettrica dell'i-esimo ausiliario del sottosistema di distribuzione, [kWh].

Per sistemi di accumulo installati successivamente all'entrata in vigore della d.g.r. 8/5018 (20 luglio 2007), le perdite del sottosistema vengono calcolate secondo la:

$$Q_{W,s,ls} = k_{boll} \cdot (\theta_s - \theta_a) \cdot \Delta t \qquad (156)$$

dove:

QW,s,ls è la perdita termica di processo del sottosistema di accumulo, [kWh];

Kboll è il valore di dispersione termica dell'apparecchio fornita dal costruttore, [W/K];

ϑs è la temperatura media nell'accumulo, [C];

ϑa è la temperatura ambiente del locale in cui è installato il serbatoio di accumulo, [C];

Δt è la durata del mese considerato (si veda la (17)), [kh].

Per sistemi di accumulo installati antecedentemente all'entrata in vigore della d.g.r. 8/5018 (20 luglio 2007), le perdite del sottosistema possono essere calcolate secondo la procedura descritta sopra, oppure, se non si dispone del dato di dispersione termica dell'apparecchio, Kboll, fornito dal costruttore, si esegue il calcolo secondo la:

$$Q_{W,s,ls} = S_s \cdot \frac{\lambda_s}{d_s} \cdot (\theta_s - \theta_a) \cdot \Delta t \qquad (157)$$

dove:

QW,s,ls è la perdita termica di processo del sottosistema di accumulo, [kWh];

SS è la superficie esterna dell'accumulo, [m2];

λs è la conduttività dello strato isolante [W/mK];

ds è lo spessore dello strato isolante, [m];

ϑs è la temperatura media nell'accumulo, [C];

ϑa è la temperatura ambiente del locale in cui è installato il serbatoio di accumulo, [C];

Δt è la durata del mese considerato (si veda la (17)), [kh].

Nell'impossibilità di reperire i dati richiesti dalla (157) le perdite del sottosistema di accumulo possono essere stimate con la seguente equazione:

$$Q_{W,s,ls} = f'_s \cdot \Delta t \qquad (158)$$

dove:

QW,s,ls è la perdita termica di processo del sottosistema di accumulo, [kWh];

f's è il coefficiente di perdita in funzione della classe di volume dell'accumulo, (Prospetto XXXV), [W];

Δt è la durata del mese considerato dell'impianto (si veda la (17)), [kh].

Volume di accumulo	f's [W]
da 10 fino a 50 litri	30
da 50 a 200 litri	60
200 a1500 litri	120
da 1.500 a 10.000 litri	500
oltre i 10.000	900

Prospetto XXXV - Fattore da applicare per il calcolo delle perdite di accumulo f's

(Fonte: Comitato Termotecnico Italiano, "Prestazioni energetiche degli edifici. Climatizzazione invernale e

preparazione acqua calda per usi igienico-sanitari", 2003)

Occorre inoltre considerare le perdite del circuito di collegamento tra il serbatoio di accumulo e il generatore di calore. Si considerano i seguenti casi:

- distanza tra serbatoio e generatore ≤ 5 m e tubazioni di collegamento isolate: le perdite per la distribuzione si considerano trascurabili;

- distanza tra serbatoio e generatore ≤ 5 m e tubazioni di collegamento non isolate, ovvero distanza tra serbatoio e generatore >5 m: le perdite per la distribuzione devono essere calcolate secondo il metodo riportato nel paragrafo 0, utilizzando appropriate temperature dell'acqua nel circuito primario.

Le perdite termiche di processo, QW,pd,ls, si determinano in base all'equazione (150), mentre quelle recuperate Qz,rl,pd, in base all'equazione (153).

Il fabbisogno di energia elettrica del sistema di accumulo, Ws,W, è dato dal prodotto tra la potenza complessiva degli ausiliari (resistenze elettriche di back up o post-riscaldamento o mantenimento del livello termico anche in caso di generatore disattivato) e il tempo di funzionamento dell'impianto di produzione, secondo la relazione:

$$W_{W,s} = \sum_i \dot{W}_{W,s,i} \cdot 24 \cdot N \qquad (159)$$

dove:

$\dot{W}_{W,s,i}$ indica la potenza dell'ausiliario i-esimo al servizio del sistema di accumulo, [kW];

N è il numero dei giorni del mese considerato.

L'energia termica complessivamente dispersa dal sottosistema di accumulo viene calcolata secondo la:

$$Q_{W,s,L} = Q_{W,s,ls} + \left(1 - k_{W,s}\right) \cdot W_{W,s} \qquad (160)$$

dove:

QW,s,L è l'energia termica dispersa complessivamente dal sottosistema di accumulo, [kWh];

Q

W,s,ls è la perdita termica di processo del sottosistema di accumulo, [kWh];

kW,s è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sottosistema di accumulo, assunta pari a 1;

WW,s è il fabbisogno di energia elettrica dagli ausiliari del sottosistema di accumulo, [kWh].

Le perdite recuperate sono date da:

$$Q_{Z,RL,s} = f_{R,W,s} \cdot Q_{W,s,L} \quad (161)$$

dove:

fR,W,s è il fattore di recupero del sottosistema di accumulo, pari a 1 se posto in ambiente a temperatura controllata o pari a 0 se posto fuori dall'ambiente a temperatura controllata;

QW,s,L è l'energia termica dispersa complessivamente dal sottosistema di accumulo, [kWh].

E.8.3.4 Bilancio energetico del sottosistema di generazione

La produzione di acqua calda sanitaria può essere realizzata:

- con uno o più generatori di calore a tale scopo dedicati (impianto centralizzato ovvero impianto autonomo di produzione per singola unità immobiliare);

- con un generatore in comune con l'impianto per il riscaldamento e/o la climatizzazione invernale.

Nel caso di produzione di acqua calda sanitaria separata dal riscaldamento, sia per scaldacqua autonomi al servizio di singola unità immobiliare sia per quelli centralizzati al servizio di più unità immobiliari le perdite al sottosistema di generazione si calcolano tramite la:

$$Q_{W,g,ls} = \left(\frac{1}{\varepsilon_{gW}} - 1 \right) \cdot \left(Q_{W,g,out} - Q_{HS,g,out,W} \right) \quad (162)$$

$$Q_{W,g,out} = \left(Q_{DHW} + Q_{W,e,ls} - k_{W,e} \cdot W_{W,e} + Q_{W,d,ls} - k_{W,d} \cdot W_{W,d} + Q_{W,s,ls} + Q_{W,pd,ls} - k_{W,s} \cdot W_{W,s} \right) \quad (163)$$

dove:

QW,g,ls è la perdita termica di processo del sottosistema di generazione, [kWh];

εgW è l'efficienza del sistema di generazione, che per gli scaldaacqua autonomi, in mancanza del dato fornito dal costruttore, è deducibile dal Prospetto XXXVI, mentre per i generatori degli impianti centralizzati deve essere calcolata secondo la procedura riportata al § E.9.8 per i generatori asserviti al riscaldamento ambientale;

QW,g,out è l'energia termica richiesta al sottosistema di generazione, [kWh];

QHS,g,out,W è il contributo all'energia termica richiesta per la produzione di acqua calda sanitaria di un eventuale sistema solare termico non integrato, [kWh];

QDHW è il fabbisogno di energia termica per la produzione di acqua calda sanitaria, [kWh];

QW,e,ls è la perdita termica di processo del sottosistema di erogazione, [kWh];

kW,e è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sottosistema di erogazione, assunta pari a 0;

WW,e è il fabbisogno di energia elettrica del sottosistema di erogazione, [kWh];

QW,d,ls è la perdita termica di processo del sottosistema di distribuzione, [kWh];

kW,d è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sottosistema di distribuzione, assunta pari a 0,85. Nel caso in cui siano installate delle pompe di ricircolo si considerano solo i fabbisogni elettrici e non il relativo recupero termico, per cui kW,d=0;

WW,d è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di distribuzione, [kWh];

QW,s,ls è la perdita termica di processo del sottosistema di accumulo, assunta pari a 0 per apparecchi ad accumulo, [kWh];

QW,pd,ls è la perdita termica di processo della distribuzione primaria tra il sottosistema di accumulo e generatore termico, [kWh];

kW,s è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sottosistema di accumulo, assunta pari a 1;

WW,s è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di accumulo, [kWh].

Tipo di apparecchio	Versione	ℰgw
Generatore a gas di tipo istantaneo per sola produzione di acqua calda sanitaria	Tipo B con pilota permanente	0,45
	Tipo B senza pilota	0,77
	Tipo C senza pilota	0,80
Generatore a gas ad accumulo per sola produzione di acqua calda sanitaria	Tipo B con pilota permanente	0,40
	Tipo B senza pilota	0,72
	Tipo C senza pilota	0,75
Bollitore elettrico ad accumulo 1)		0,75
Bollitori ad accumulo a fuoco diretto	A camera aperta	0,70
	A condensazione	0,90

1) Ai fini del calcolo dell'energia primaria, il fabbisogno di energia deve essere considerato tra i fabbisogni elettrici, applicando il relativo fattore di conversione

Prospetto XXXVI - Rendimenti convenzionali degli scaldaacqua autonomi con sorgente interna di calore

(Fonte: UNI TS 11300-2:2008)

I rendimenti forniti dal Prospetto XXXVI tengono già conto, per gli apparecchi ad accumulo, della perdita di accumulo, Q, (valutata pari a circa il 10%) che in tal caso non va considerata nell'equazione (163).

Il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sistema di generazione, Wg,W, è dato dal prodotto tra la potenza complessiva degli ausiliari e il tempo di funzionamento dell'impianto di produzione, secondo la relazione:

$$W_{W,g} = \sum_i \dot{W}_{W,g,i} \cdot 24 \cdot N \qquad (164)$$

dove:

WW,g è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di generazione, [kWh];

$\dot{W}_{W,g,i}$ indica la potenza dell'ausiliario i-esimo al servizio del sistema di generazione, [kW];

N è il numero dei giorni del mese considerato.

L'energia termica complessivamente dispersa dal sottosistema di generazione viene calcolata secondo la:

$$Q_{W,g,L} = Q_{W,g,ls} + \left(1 - k_{W,g}\right) \cdot W_{W,g} \qquad (165)$$

dove:

QW,g,L è l'energia termica dispersa complessivamente dal sottosistema di generazione, [kWh];

QW,g,ls è la perdita termica di processo del sottosistema di generazione, [kWh];

kWg è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sottosistema di generazione; assunta pari a 0,8;

WW,g è il fabbisogno di energia elettrica dagli ausiliari del sottosistema di generazione, [kWh].

Le perdite recuperate sono date da:

$$Q_{Z,RL,g} = f_{R,W,g} \cdot \left(Q_{W,g,L} \cdot f_{pr}\right) \qquad (166)$$

dove:

R,W,g è il fattore di recupero del sottosistema di generazione (Prospetto XXXVII);

QW,g,L è l'energia termica dispersa complessivamente dal sottosistema di generazione, [kWh];

fpr è la frazione delle perdite di processo totali del generatore attribuibili al mantello e quindi recuperabili; per scaldacqua autonomi al servizio di singola unità immobiliare è desumibile dal Prospetto XXXVIII. Per i sistemi centralizzati la procedura riportata al § E.9.8 consente di calcolare direttamente le perdite al mantello e quindi il prodotto (QW,g,L·fpr).

NOTA: Per sistemi, centralizzati e non, in cui il generatore è posto in un locale tecnico a temperatura non controllata le perdite non sono recuperabili.

Ubicazione generatore	fR,W,g
All'aperto	0
In locale non riscaldato	0,3
Entro lo spazio riscaldato	1

Prospetto XXXVII - Fattore di recupero per generatori termici

(Fonte: UNI TS 11300-2:2008)

Tipo di fonte	Tipo di bruciatore	fpr
Combustibile	Bruciatore atmosferico	0,50
	Bruciatore ad aria soffiata	0,75
Energia elettrica	-	1

Prospetto XXXVIII - Frazione delle perdite attribuite al mantello in funzione del tipo fonte energetica e di bruciatore fpr

(Fonte: UNI TS 11300-2:2008)

E.8.3.5 Energia richiesta dal servizio acqua calda sanitaria

Nel caso di produzione di acqua calda sanitaria separata dal riscaldamento, sia per scaldacqua autonomi al servizio di singola unità immobiliare sia per quelli centralizzati al servizio di più unità immobiliari, l'energia richiesta ai vari vettori energetici utilizzati si calcola in funzione delle diverse tipologie di generatore utilizzato:

- generatore alimentato da vettore elettrico (scaldacqua elettrico, a pompa di calore azionata elettricamente):

$$E_{HW,f,g,in} = 0$$
$$E_{HW,rf,g,in} = 0$$
$$E_{HW,el,g,in} = \frac{Q_{W,g,out} - Q_{HS,g,out,W}}{\varepsilon_{gW}}$$
$$W_{W,in} = W_{W,e} + W_{W,d} + W_{W,s} + W_{W,g} \quad (167)$$

- generatore alimentato da vettore non rinnovabile non elettrico (scaldacqua a gas, ecc.):

$$E_{HW,f,g,in} = \frac{Q_{W,g,out} - Q_{HS,g,out,W}}{\varepsilon_{gW}}$$
$$E_{HW,rf,g,in} = 0$$
$$E_{HW,el,g,in} = 0$$
$$W_{W,in} = W_{W,e} + W_{W,d} + W_{W,s} + W_{W,g} \quad (168)$$

- generatore alimentato dal vettore rinnovabile non elettrico (scaldacqua a biomassa, ecc,).

$$E_{HW,f,g,in} = 0$$
$$E_{HW,rf,g,in} = \frac{Q_{W,g,out} - Q_{HS,g,out,W}}{\varepsilon_{gW}}$$
$$E_{HW,el,g,in} = 0$$
$$W_{W,in} = W_{W,e} + W_{W,d} + W_{W,s} + W_{W,g} \quad (169)$$

Nel caso di produzione di acqua calda sanitaria integrata con il riscaldamento, l'energia richiesta ai vari vettori energetici utilizzati viene calcolata insieme a quella richiesta per il servizio di riscaldamento o climatizzazione invernale.

E.8.3.6 Perdite termiche recuperate dal sistema di produzione acqua calda sanitaria

Le perdite del sistema di produzione di acqua calda sanitaria sono considerate recuperabili ai fini del calcolo del fabbisogno di energia termica netta per il riscaldamento o climatizzazione invernale dell'edificio. Le perdite recuperate, QZ,RL, dalla zona Z sono date da:

$$Q_{Z,RL} = Q_{Z,RL,d} + Q_{Z,RL,s} + Q_{Z,RL,pd} + Q_{Z,RL,g} \quad (170)$$

dove:

QZ,RL è il totale delle perdite termiche del sistema impiantistico asservito alla produzione di acqua calda sanitaria recuperate dalla zona Z, [kWh];

QZ,RL,d è la quota recuperata nella zona Z della perdita termica del sistema di distribuzione, data dall'equazione (153), [kWh];

QZ,RL,s è la quota recuperata nella zona Z della perdita termica del sistema di accumulo, data dall'equazione (161), [kWh];

QZ,RL,pd è la quota recuperata nella zona Z della perdita termica del sistema di distribuzione primaria tra accumulatore e generatore, calcolata con l'equazione (153), [kWh];

QZ,RL,g è la quota recuperata nella zona Z della perdita termica del sistema di generazione, data dall'equazione (166), [kWh].

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/27

E.9 Riscaldamento invernale: energia termica richiesta al sistema di generazione e energia elettrica assorbita dagli ausiliari - E.9.1 Energia termica richiesta al servizio di riscaldamento o climatizzazione invernale

E.9 RISCALDAMENTO INVERNALE: ENERGIA TERMICA RICHIESTA AL SISTEMA DI GENERAZIONE E ENERGIA ELETTRICA ASSORBITA DAGLI AUSILIARI

E.9.1 Energia termica richiesta al servizio di riscaldamento o climatizzazione invernale

Per il calcolo dell'energia termica richiesta dal sistema di riscaldamento al sottosistema di generazione, occorre innanzitutto individuare se siano presenti più ramificazioni d'impianto che confluiscono in un'unica o più centrali termiche.

Il sottosistema di ventilazione, di emissione e, in parte, di distribuzione possono essere differenti sia all'interno della stessa zona che in funzione delle diverse zone servite; così come l'eventuale sistema d'accumulo se presente.

Si possono individuare i seguenti sottocasi:

a) un unico sistema impiantistico, che serve un'unica zona termica, alimentato da un'unica centrale termica;

b) un unico sistema impiantistico, che serve più zone termiche, alimentato da un'unica centrale termica;

c) un unico sistema impiantistico, che serve più zone termiche, alimentato da più centrali termiche;

d) più sistemi impiantistici (diversi tra loro come tipologia), che servono la stessa zona termica, alimentati dalla stessa centrale termica;

e) più sistemi impiantistici (diversi tra loro come tipologia), che servono la stessa zona termica, alimentati da diverse centrali termiche;

f) più sistemi impiantistici (diversi tra loro come tipologia), che servono più zone termiche, alimentati dalla stessa centrale termica;

g) più sistemi impiantistici (diversi tra loro come tipologia), che servono più zone termiche, alimentati da diverse centrali termiche.

Il caso più generale, che comprende tutti gli altri casi, è il caso g), che può essere visto come una composizione di più casi d) (uno per ogni centrale termica), il quale a sua volta non è altro che un'applicazione multipla del caso b), come l'esempio schematizzato in Figura 15, dove abbiamo un sistema impiantistico di tipologia A con due ramificazioni 1 e 2 che servono due zone distinte, e un sistema impiantistico di tipologia B che serve altre due zone con i suoi due ramificazioni 1 e 2.

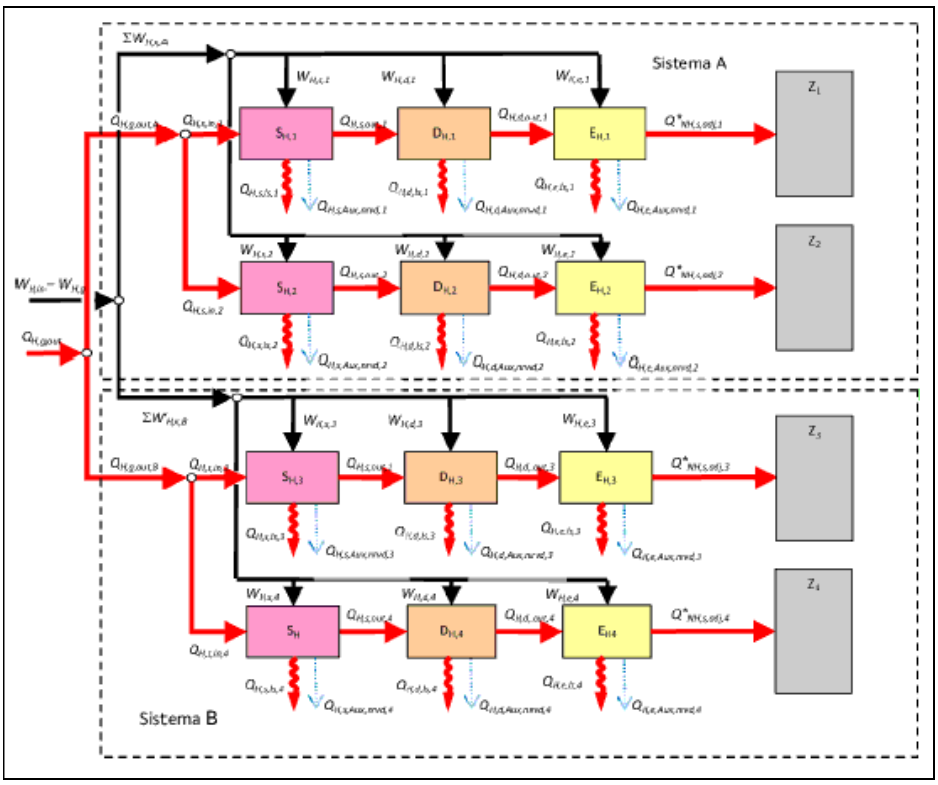


Figura 15 - Caso d) con due sistemi impiantistici diversi che servono diverse zone

Al fine di considerare tutte le possibilità elencate, per ogni zona termica i-esima:

1. si calcola il fabbisogno di acqua calda sanitaria relativo alla zona termica i-esima per definire le perdite termiche recuperabili dalla zona stessa, QZ,l.r.,i, secondo la relazione (128) e quanto definito al § E.8.2 e E.8.3.6;

2. si calcola il fabbisogno termico netto sensibile corretto della zona termica i-esima, definito come:

$$Q^{*}_{NH,s,adj,i} = Q_{NH,s,adj,i} - Q_{Z,LR,i} \qquad (171)$$

con:

QZ,l.r.,i è la quota recuperata dal sistema involucro della zona termica i-esima delle perdite del sistema di produzione di acqua calda sanitaria, si veda la (128), [kWh];

3. si calcola la frazione j-esima che viene soddisfatta dal sistema impiantistico j-esimo presente nella zona i-esima:

$$f_{i,j} = \frac{\Phi_{N,i,j,Tot}}{\sum_{j=1}^{M_i} \Phi_{N,i,j,Tot}} \quad \text{con} \quad \Phi_{N,i,j,Tot} = \sum_{k=1}^{N_{t,i,j}} \Phi_{N,i,j,k} \qquad (172)$$

dove:

fij è la frazione di fabbisogno termico netto sensibile corretto soddisfatta dal sistema impiantistico j-esimo presente nella zona i-esima;

ΦN,i,jk è la potenza di progetto del terminale k-esimo del sistema impiantistico j-esimo della zona i-esima, [kW];

ΦN,i,j,Tot è la potenza di progetto complessiva di tutti i terminali dell'impianto j-esimo presenti nella zona i-esima, [kW];

Mi è il numero di sistemi impiantistici diversi che servono la stessa zona i-esima;

Nt,i,j è il numero di terminali dell'impianto j-esimo che serve la zona i-esima.

4. si calcola il fabbisogno di energia termica "sensibile" corretto della zona al netto delle perdite recuperate richiesto al j-esimo impianto Q*NH,s,adj,i,j, determinato come:

$$Q^*_{NH,s,adj,i,j} = Q^*_{NH,s,adj,i} \cdot f_{i,j} \qquad (173)$$

5. si calcola la quota del fabbisogno termico sensibile per ventilazione meccanica coperta dall'impianto di ventilazione, con il preriscaldamento dell'aria di reintegro, QV,s,i, determinata con la (195);

6. si calcola per la zona i-esima, se l'impianto j-esimo controlla anche l'umidità dell'aria ambiente (umidificazione), il suo fabbisogno di energia termica "latente", QNH,l, determinato con l'equazione (8);

7. si calcolano le perdite termiche dei sottosistemi appartenenti ad ogni j-esima tipologia d'impianto che serve la zona i-esima fino al sottosistema di generazione escluso;

8. si sommano le richieste delle diverse tipologie o ramificazioni d'impianto che convergono sullo stesso sottosistema di generazione;

9. si determinano le perdite termiche di ogni sottosistema di generazione;

10. si determinano i fabbisogni dei diversi vettori energetici e l'eventuale quota esportata;

11. si determina il fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento o la climatizzazione invernale;

12. si determina l'efficienza energetica dell'edificio e dell'impianto termico.

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/28

E.9 Riscaldamento invernale: energia termica richiesta al sistema di generazione e energia elettrica assorbita dagli ausiliari - E.9.2 Bilancio energetico del generico sottosistema di emissione - impianto di riscaldamento

E.9.2 Bilancio energetico del generico sottosistema di emissione - impianto di riscaldamento

Le perdite termiche di processo del sottosistema di emissione j-esimo, QH,e,ls,i,j, che serve la zona i-esima, sono date dalla:

$$Q_{H,e,ls,i,j} = \left(\frac{1}{\eta_{eH,i,j}} - 1 \right) \cdot Q^{*}_{NH,s,adj,i,j} \qquad (174)$$

QH,e,ls,i,j è la perdita termica di processo del sottosistema di emissione j-esimo che serve la zona i-esima, [kWh];

Q*NH,s,a j,i,j è il fabbisogno mensile di energia termica sensibile netto corretto per il riscaldamento o la climatizzazione invernale della zona termica i-esima coperto dalla tipologia d'impianto j-esima nel mese m-esimo, [kWh];

$\eta_{eH,i,j}$ è il rendimento del sottosistema di emissione j-esimo nella zona i-esima.

Il rendimento del generico sottosistema di emissione, η_{eH}, è funzione del rendimento dei terminali di erogazione del calore, η_{eeH}, e del sistema di controllo, r|cH, secondo la:

$$\eta_{eH} = \frac{1}{\frac{1}{\eta_{eeH}} + \frac{1}{\eta_{cH}} - 1} \qquad (175)$$

dove:

η_{eH} è il rendimento del sottosistema di emissione;

η_{eeH} è il rendimento dei terminali di erogazione del calore;

η_{cH} è il rendimento del sistema di controllo.

Nel Prospetto XXXIX e nel Prospetto XL sono riportati, in funzione della tipologia di terminale di erogazione e dal carico termico specifico, i valori convenzionali del rendimento di emissione degli emettitori, η_{eeH}, per locali di altezza interna rispettivamente inferiore e superiore a 4 metri.

Terminale di erogazione del calore	Carico termico specifico Φt [w/m3]		
	< 4	4-10	> 10
	η_{eeH}		
Radiatori su parete esterna isolata	0,95	0,94	0,92
Radiatori su parete interna	0,96	0,95	0,92
Ventilconvettori (valori riferiti a tmedia acqua=45°)	0,96	0,95	0,94
Termoconvettori	0,94	0,93	0,92
Bocchette in sistemi ad aria calda	0,94	0,92	0,9
Pannelli isolati annegati a pavimento disaccoppiati termicamente	0,99	0,98	0,97
Pannelli isolati annegati a pavimento non disaccoppiati termicamente	0,99	0,98	0,97
Pannelli annegati a pavimento disaccoppiati termicamente	0,98	0,96	0,94
Pannelli annegati a pavimento non disaccoppiati termicamente	0,98	0,96	0,94
Pannelli annegati a soffitto disaccoppiati termicamente	0,97	0,95	0,93
Pannelli annegati a soffitto non disaccoppiati termicamente	0,97	0,95	0,93
Pannelli a parete disaccoppiati termicamente	0,97	0,95	0,93
Pannelli a parete non disaccoppiati termicamente	0,97	0,95	0,93

Prospetto XXXIX - Valori convenzionali del rendimento di emissione in locali di altezza inferiore a 4m, η_{eeH}

(Fonte: UNI TS 11300-2:2008)

Terminale di erogazione del calore	Carico termico specifico Φt [w/m3]								
	< 4			4-10			> 10		
	Altezza del locale [m]								
	6	10	14	6	10	14	6	10	14
	η_{eeH}								
Generatore d'aria calda singolo a basamento o pensile	0,97	0,96	0,95	0,95	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91
Aerotermi ad acqua	0,96	0,95	0,94	0,94	0,93	0,92	0,92	0,91	0,9
Generatore d'aria calda singolo pensile a condensazione	0,98	0,97	0,96	0,96	0,95	0,94	0,94	0,93	0,92
Strisce radianti ad acqua, a vapore, a fuoco diretto	0,99	0,98	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95
Riscaldatori ad infrarossi	0,98	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95	0,94
Pannelli annegati a pavimento disaccoppiati termicamente	0,98	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95
Pannelli annegati a pavimento non disaccoppiati termicamente	0,98	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95
Pannelli a pavimento (isolati) disaccoppiati termicamente	0,99	0,98	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95

Pannelli a pavimento (isolati) non disaccoppiati termicamente	0,99	0,98	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95

Prospetto XL - Valori convenzionali del rendimento di emissione in locali di altezza superiore a 4m, η_{eeH}

(Fonte: UNI TS 11300-2:2008)

Il carico termico specifico, Φt, in [W/m3], da utilizzare nei precedenti prospetti, si calcola con la seguente relazione:

$$\overline{\Phi}_{t,i,j} = \frac{Q^*_{NH,s,adj,i,j}}{V_{L,i} \cdot t_{gn,j} \cdot FC_{e,j} \cdot N} \cdot 1000 = \frac{\Phi_{N,i,j,Tot}}{V_{L,i}} \cdot 1000 \qquad (176)$$

dove:

Φt,i,j è il carico termico specifico della zona termica i-esima coperto dalla tipologia d'impianto j-esimo, [W/m3];

Q*NH,s,adj,i,j è il fabbisogno di energia termica sensibile netto corretto per il riscaldamento o la climatizzazione invernale della zona termica i-esima coperto dalla tipologia d'impianto j-esimo, [kWh];

VL,i è il volume lordo riscaldato della zona i-esima, [m3];

tgn,j è il tempo totale di funzionamento del sistema di generazione (tempo di attivazione), che serve il sottosistema j-esimo, assunto pari a 24 h/giorno;

N è il numero dei giorni del mese considerato;

FCe,i,j è il fattore di carico del sottosistema j-esimo di emissione (campo di validità 0-1), definito come segue:

$$FC_{e,i,j} = \frac{Q^*_{NH,s,adj,i,j}}{\Phi_{N,i,j,Tot} \cdot t_{gn,j} \cdot N} \qquad (177)$$

dove:

ΦN,i,j,Tot è la potenza di progetto complessiva di tutti i terminali dell'impianto j-esimo presenti nella zona i-esima, così come espresso dall'equazione (172), [kW].

Nel Prospetto XLI sono riportati, in funzione della configurazione del sistema impiantistico, del fattore di utilizzazione degli apporti interni, $\eta_{GH,adj}$, e del rapporto guadagni/dispersioni, $\gamma_{H,adj}$, della generica zona termica, i valori convenzionali del rendimento del sistema di controllo, η_{cH}.

Tipo di regolazione	Caratteristiche	Sistemi a bassa inerzia termica	Sistemi ad elevata inerzia termica

		Radiatori, convettori, ventilconvettori, strisce radianti ad aria calda	Pannelli integrati nelle strutture edilizie e disaccoppiati termicamente	Pannelli annegati nelle strutture edilizie e disaccoppiati termicamente
Sola climatica (compensazione con sonda esterna)		1-(0,6 ηGH,adj γH,adj)	0,98-(0,6 ηGH,adj γH,adj)	0,94-(0,6·ηGH,adj γH,adj)
Solo ambiente con regolatore	On off	0,940	0,920	0,880
	PI o PID	0,990	0,970	0,930
	P banda prop. 0,5°C	0,980	0,960	0,920
	P banda prop. 1°C	0,970	0,950	0,910
	P banda prop. 2°C	0,950	0,930	0,890
Climatica + ambiente con regolatore	On off	0,970	0,950	0,930
	PI o PID	0,995	0,990	0,970
	P banda prop. 0,5°C	0,990	0,980	0,960
	P banda prop. 1°C	0,980	0,970	0,950
	P banda prop. 2°C	0,970	0,960	0,940
Solo zona con regolatore	On off	0,930	0,910	0,870
	PI o PID	0,995	0,990	0,970

	P banda prop. 0,5°C	0,990	0,980	0,960
	P banda prop. 1°C	0,980	0,970	0,950
	P banda prop. 2°C	0,940	0,920	0,880
Climatica + zona con regolatore	On off	0,960	0,940	0,920
	PI o PID	0,995	0,980	0,960
	P banda prop. 0,5°C	0,980	0,970	0,950
	P banda prop. 1°C	0,970	0,960	0,940
	P banda prop. 2°C	0,960	0,950	0,930
NOTA $\gamma_{h,adj}$ rapporto apporti/perdite $\eta_{GH,adj}$ fattore di utilizzo degli apporti interni				

Prospetto XLI - Rendimenti di controllo, η_{cH}, per alcune configurazioni impiantistiche

(Fonte: UNI TS 11300-2:2008)

Il fabbisogno di energia elettrica del sottosistema di emissione j-esimo della zona i-esima, $W_{H,e,i,j}$, è dovuto alla presenza di ventilatori, valvole e sistemi di regolazione.

Il fabbisogno di energia elettrica di terminali dotati di ventilatore si calcola come segue:

- unità con ventilatore sempre in funzione (generatori d'aria calda con regolazione modulante);

$$W_{H,e,i,j} = \sum_k \dot{W}_{H,e,k} \cdot t_{gn} \cdot N \qquad (178)$$

- unità con arresto del ventilatore al raggiungimento della temperatura prefissata (ad esempio ventilconvettori);

$$W_{H,e,i,j} = \sum_k \dot{W}_{H,e,k} \cdot FC_{e,i,j} \cdot t_{gn} \cdot N \quad (179)$$

dove:

$\dot{W}_{H,e,k}$ è la potenza dell'ausiliario k-esimo al servizio del sottosistema j-esimo di emissione nella zona i-esima, [kW];

tgn è il tempo totale di funzionamento del sistema di generazione (tempo di attivazione), assunto pari a 24 h/giorno;

N è il numero dei giorni del mese considerato;

FCei,j è il fattore di carico del sottosistema j-esimo di emissione (campo di validità 0-1).

NOTA: La quota dissipata dell'energia elettrica richiesta dagli ausiliari e non direttamente recuperata dal fluido termovettore, (1-kH,e)·WH,e, non è inclusa nel rendimento di emissione e viene considerata, per evitare iterazioni, non recuperabile ai fini della riduzione del fabbisogno termico.

Nel caso in cui non siano disponibili i dati di progetto dei componenti dell'impianto, la potenza dei ventilconvettori è desumibile dal Prospetto XLII.

Categorie di terminali	Tipologie	Fabbisogni elettrici unitari	
Terminali privi di ventilatore con emissione del calore per convezione naturale ed irraggiamento	Radiatori, convettori, strisce radianti,pannelli isolati dalle strutture ed annegati nelle strutture	Nulli	
Terminali di erogazione per immissione di aria calda	Bocchette e diffusori in genere	Si considerano compresi nella distribuzione dell'aria	
Terminali di erogazione ad acqua con ventilatore a bordo (emissione prevalente per convezione forzata)	Ventilconvettori, convettori ventilati, apparecchi in genere con ventilatore ausiliario	Portata d'aria [m3/h]	Potenza elettrica [W]
		Fino a 200 m3/h	40
		Da 200 a 400 m3/h	50
		Da 400 a 600 m3/h	60

Generatori d'aria calda non canalizzati [*]	Generatori pensili, generatori a basamento, roof top	1.500	90
		2.500	170
		3.000	250
		4.000	350
		6.000	700
		8.000	900
[*] Nel caso di generatori canalizzati il fabbisogno di energia elettrica del ventilatore deve essere compreso nella distribuzione			

Prospetto XLII - Fabbisogni elettrici dei terminali di erogazione del calore

(Fonte: UNI TS 11300-2:2008)

E.9.2.1 Emettitori alimentati elettricamente

Nel caso di sistemi elettrici ad infrarossi o altri tipi di emettitori puramente elettrici, giacché sono alimentati ad energia elettrica, si ha:

$$Q_{H,e,in,i,j} = Q_{H,d,out,i,j} \equiv 0 \qquad (180)$$

dove:

QH,e,in è l'energia termica in ingresso al sottosistema di emissione, [kWh];

QH,d,out è l'energia termica richiesta in uscita al sottosistema di distribuzione, [kWh].

L'energia elettrica richiesta normalmente solo dagli ausiliari in tal caso copre il fabbisogno termico e diventa pari a:

$$W_{H,e,i,j} = Q^{*}_{NH,s,adj,i,j} + Q_{H,e,ls,i,j} \qquad (181)$$

dove:

WH,e,i,j è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di emissione j-esimo nella zona i-esima, [kWh];

Q*NH,s,adj,i,j è il fabbisogno di energia termica sensibile netto corretto per il riscaldamento o la climatizzazione invernale della zona termica i-esima coperto dalla tipologia d'impianto j-esima, [kWh];

QH,e,ls,i,j è la perdita termica di processo del sottosistema di emissione j-esimo nella zona i-esima, [kWh].

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/29

E.9 Riscaldamento invernale: energia termica richiesta al sistema di generazione e energia elettrica assorbita dagli ausiliari - E.9.3 Bilancio energetico del generico sottosistema di distribuzione - impianto di riscaldamento

E.9.3 Bilancio energetico del generico sottosistema di distribuzione - impianto di riscaldamento

Le perdite termiche di processo del sottosistema di distribuzione j-esimo, QH,d,ls,i,j, che serve la zona i-esima sono date dalla:

$$Q_{H,d,ls.i,j} = \left(\frac{1}{\eta_{dH,i,j}} - 1\right) \cdot Q_{H,d,out,i,j} \qquad (182)$$

con:

$$Q_{H,d,out,i,j} = Q^{*}_{NH,s,adj,i,j} + Q_{H,e,ls,i,j} - k_{H,e,i,j} \cdot W_{H,e,i,j} \qquad (183)$$

dove:

$\eta_{dH,ij}$ è il rendimento del sottosistema di distribuzione j-esimo della zona i-esima;

QH,d,out,i,j è l'energia termica richiesta al sottosistema di distribuzione j-esimo della zona i-esima, [kWh];

Q*NH,s,a j,i,j è il fabbisogno di energia termica sensibile netto corretto per il riscaldamento o la climatizzazione invernale della zona termica i-esima soddisfatto dalla tipologia d'impianto j-esima, [kWh];

QH,e,ls,i,j è la perdita termica di processo del sottosistema di emissione j-esimo nella zona i-esima, [kWh];

kHe,i,j è la frazione recuperata direttamente dal fluido termovettore dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sottosistema di emissione j-esimo nella zona i-esima; nel caso specifico si può considerare sempre il valore 1 giacché gli ausiliari degli emettitori sono quasi sempre all'interno degli ambienti riscaldati;

WH,e,i,j è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di emissione j-esimo nella zona i-esima, [kWh].

Nel Prospetto XLIII sono riportati i rendimenti di distribuzione in funzione della configurazione del sistema

impiantistico; nel caso in cui i terminali scaldanti siano costituiti da radiatori allacciati ad impianti a temperatura variabile, da ventilconvettori o da pannelli radianti, il rendimento di distribuzione deve essere corretto secondo la formula riportata nel Prospetto XLIV.

Tipo di impianto	Tipo di distribuzione	Numero di piani	Isolamento distribuzione nel cantinato			
			Insufficiente Prima del 1961	Medio Tra 1961-1976	Discreto Tra 1977-1993	Legge 10/91 Dopo il 1993
			η_d			
IMPIANTO CENTRALIZZATO	VERTICALE. Montanti in traccia nei paramenti interni. Isolamento secondo legge 10/91. Tubazioni posteriori al 1993.	1				0,936
		2				0,947
		3				0,958
		4				0,969
		5 e più				0,98
IMPIANTO CENTRALIZZATO	VERTICALE. Montanti in traccia nei paramenti interni o nell'intercapedine. Isolamento leggero. Tubazioni realizzate tra il 1993 e il 1977.	1	0,856	0,868	0,880	0,908
		2	0,889	0,901	0,913	0,925
		3	0,904	0,917	0,927	0,939
		4	0,915	0,927	0,938	0,949
		5 e più	0,922	0,934	0,943	0,955
IMPIANTO CENTRALIZZATO	VERTICALE. Montanti correnti	1	0,824	0,851	0,876	0,901

	nell'intercapedine. Senza isolamento. Tubazioni precedenti al 1977	2	0,876	0,901	0,925	0,913
		3	0,889	0,913	0,936	0,925
		4	0,901	0,913	0,936	0,936
		5 e più	0,913	0,925	0,947	0,947
IMPIANTO CENTRALIZZATO	ORIZZONTALE	Fino a 3	0,947	0,958	0,969	0,980
		Oltre a 3	0,958	0,969	0,980	0,990
IMPIANTO AUTONOMO			0,958	0,969	0,980	0,990

Prospetto XLIII - Rendimenti di distribuzione, ηdH

(Fonte: UNI TS 11300-2:2008)

Tipologia dell'impianto	Temperatura di mandata e ritorno di progetto	Rendimenti corretti η dH
Impianti a radiatori a temperatura variabile	70/55	1-(1-ηdH)*0,85
Impianti a ventilconvettori	55/45	1-(1-ηdH)*0,60
Impianti a pannelli	30/35	1-(1-ηdH)*0,25

Prospetto XLIV - Rendimenti di distribuzione, ηdH, corretti in funzione della tipologia di terminale di erogazione

(Fonte: UNI TS 11300-2:2008)

Il fabbisogno di energia elettrica mensile del sottosistema di distribuzione j-esimo della zona i-esima, WH,d,i,j, è dovuto alla presenza di pompe di circolazione, elettroventilatori e valvole.

In impianti con fluido termovettore acqua il fabbisogno di energia elettrica per la presenza di elettropompe si calcola come segue:

- sistemi con arresto della pompa alla fermata del generatore durante il tempo di attivazione dello stesso:

$$W_{H,d,i,j} = \sum_k \dot{W}_{H,d,k} \cdot F_v \cdot FC_{e,i,j} \cdot t_{gn} \cdot N \quad (184)$$

sistemi in cui la pompa è sempre in funzione durante il tempo di attivazione del generatore:

$$W_{H,d,i,j} = \sum_k \dot{W}_{H,d,k} \cdot F_v \cdot t_{gn} \cdot N \quad (185)$$

dove:

WH,d,i,j è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di distribuzione j-esimo nella zona i-esima, [kWh];

$\dot{W}_{H,d,k}$ è la potenza della pompa k-esima al servizio del sottosistema di distribuzione j -esimo nella zona i-esima, [kW];

Fv è un fattore che tiene conto della variazione di velocità della pompa, (Prospetto XLV);

tgn è il tempo totale di funzionamento del sistema di generazione (tempo di attivazione), assunto pari a 24 h/giorno;

N è il numero dei giorni del mese considerato;

FCei,j è il fattore di carico del sottosistema j-esimo di emissione (campo di validità 0-1).

Tipo di funzione	Fattore fv
Pompa a velocità costante	1
Pompa a velocità variabile	0,6

Prospetto XLV - Fattore che tiene conto della variazione di velocità dell'elettropompa

(Fonte: UNI TS 11300-2:2008)

In impianti con fluido termovettore aria, il fabbisogno di energia elettrica per la presenza di elettroventilatori si calcola come segue:

- sistemi con arresto del ventilatore alla fermata del generatore durante il tempo di attivazione dello stesso:

$$W_{H,d,i,j} = \sum_k \dot{W}_{H,d,k} \cdot FC_{e,i,j} \cdot t_{gn} \cdot N \quad (186)$$

- sistemi in cui il ventilatore è sempre in funzione durante il tempo di attivazione del generatore:

$$W_{H,d,i,j} = \sum_k \dot{W}_{H,d,k} \cdot t_{gn} \cdot N \quad (187)$$

dove:

WH,d,k è la potenza del ventilatore k-esimo al servizio del sottosistema di distribuzione j-esimo nella zona i-esima, [kW];

tgn è il tempo totale di funzionamento del sistema di generazione (tempo di attivazione), assunto pari a 24 h/giorno;

N è il numero dei giorni del mese considerato;

FCei,j è il fattore di carico del sottosistema j-esimo di emissione della zona i-esima, dato dalla (177).

La quota recuperata dell'energia elettrica degli ausiliari, in termini di incremento dell'energia termica in uscita al sottosistema di distribuzione, è calcolata mediante la relazione seguente:

$$Q_{H,d,Aux,rvd,i,j} = k_{H,d,i,j} \cdot W_{H,d,i,j} \quad (188)$$

dove:

QH,d,Aux,rvd,i,j è la quota recuperata dell'energia elettrica degli ausiliari in termini di incremento dell'energia termica in uscita al sottosistema distribuzione j-esimo nella zona i-esima, [kWh];

kH,d,i,j è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sottosistema di distribuzione j-esimo nella zona i-esima, si assume pari a 0,85 se il fluido termovettore è acqua e pari a 1 se il fluido termovettore è aria;

WH,d,i,j è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di distribuzione j-esimo nella zona i-esima, [k Wh].

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/30

E.9 Riscaldamento invernale: energia termica richiesta al sistema di generazione e energia elettrica assorbita dagli ausiliari - E.9.4 Bilancio energetico generico del sottosistema di accumulo - impianto di riscaldamento

E.9.4 Bilancio energetico generico del sottosistema di accumulo - impianto di riscaldamento

L'energia termica richiesta al sottosistema di accumulo j-esimo, QH,s,out,i,j, che serve la zona i-esima è data da:

$$Q_{H,s,out,i,j} = Q_{H,d,out,i,j} + Q_{H,d,ls,i,j} - k_{H,d,i,j} \cdot W_{H,d,i,j} \quad (189)$$

dove:

Qh,s,out,i,j è l'energia termica richiesta al sottosistema di accumulo j-esimo nella zona i-esima, [kWh];

QH,d,out,i,j è l'energia termica richiesta al sottosistema di distribuzione j-esimo nella zona i-esima, [kWh];

QH,d,ls,i,j è la perdita termica di processo del sottosistema di distribuzione j-esimo nella zona i-esima, [kWh];

kH,d,i,j è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sottosistema di distribuzione j-esimo nella zona i-esima;

WH,d,i,j è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di distribuzione j-esimo nella zona i-esima, [k Wh].

Per sistemi di accumulo installati successivamente all'entrata in vigore della d.g.r. 8/5018 (20 luglio 2007), le perdite del generico sottosistema vengono calcolate secondo la:

$$Q_{H,s,ls} = k_{boll} \cdot (\theta_s - \theta_a) \cdot \Delta t \quad (190)$$

dove:

Qh,s,ls è la perdita termica di processo del sottosistema di accumulo j-esimo nella zona i-esima, [kWh];

Kboll è il valore di dispersione termica dell'apparecchio fornita dal costruttore, [W/K];

ϑs è la temperatura media nell'accumulo, [°C];

ϑa è la temperatura ambiente del locale in cui è installato il serbatoio di accumulo, [°C];

Δt è la durata del mese considerato (si veda la (17)), [kh].

Per sistemi di accumulo installati antecedentemente all'entrata in vigore della d.g.r. 5018 (20 luglio 2007), le perdite del sottosistema possono essere calcolate secondo la procedura descritta sopra, oppure, se non si dispone del dato di dispersione termica dell'apparecchio, Kboll, fornito dal costruttore, secondo la:

$$Q_{H,s,ls} = S_s \cdot \frac{\lambda_s}{d_s} \cdot (\theta_s - \theta_a) \cdot \Delta t \quad (191)$$

dove:

Qh,s,ls è la perdita termica di processo del sottosistema di accumulo j-esimo nella zona i-esima, [kWh];

Ss è la superficie esterna dell'accumulo, [m2];

λs è la conduttività dello strato isolante, [W/mK];

ds è lo spessore dello strato isolante, [m];

ϑs è la temperatura media nell'accumulo, [°C];

Nell'impossibilità di reperire i dati richiesti dalla (191) le perdite del generico sottosistema di accumulo possono essere stimate con la seguente equazione:

$$Q_{H,s,ls} = f'_s \cdot \Delta t \qquad (192)$$

dove:

Qh,s,ls è la perdita termica di processo del sottosistema di accumulo j-esimo nella zona i-esima, [kWh];

Δt è la durata del mese considerato dell'impianto (si veda la (17)), [kh].

Volume di accumulo	f's [W]
da 10 fino a 50 litri	30
da 50 a 200 litri	60
200 a1500 litri	120
da 1.500 a 10.000 litri	500
oltre i 10.000	900

Prospetto XLVI - Fattore da applicare per il calcolo delle perdite di accumulo

(Fonte: Comitato Termotecnico Italiano, "Prestazioni energetiche degli edifici. Climatizzazione invernale e preparazione acqua calda per usi igienico-sanitari", 2003)

Il fabbisogno di energia elettrica del sottosistema di accumulo j-esimo della zona i-esima, Wh,s.i,j, trascurabile nel calcolo solo qualora l'ausiliario non sia una resistenza di back-up o post-riscaldamento per il mantenimento del livello termico, è dato dal prodotto tra la potenza complessiva degli ausiliari e il tempo di funzionamento dell'ausiliario, secondo la relazione:

$$W_{H,s,i,j} = \sum_k \dot{W}_{H,s,k} \cdot t_{s,i,j} \cdot N \qquad (193)$$

dove:

WH,s,ij è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di accumulo j-esimo nella zona i-esima, [k Wh];

$\dot{W}_{H,s,k}$ è la potenza dell'ausiliario k-esimo al servizio del sottosistema di accumulo j-esimo della zona i-esima, [kW];

ts,i,j è il tempo totale di funzionamento degli ausiliari del sottosistema di accumulo j-esimo della zona i-esima, assunto pari a 24 h/giorno;

N è il numero dei giorni del mese considerato.

La quota recuperata dell'energia elettrica degli ausiliari in termini di incremento dell'energia termica in uscita al sottosistema di accumulo j-esimo della zona i-esima si calcola mediante la relazione seguente:

$$Q_{H,s,Aux,rvd,i,j} = k_{H,s,i,j} \cdot W_{H,s,i,j} \qquad (194)$$

dove:

QH,s,Aux,rvd,i,j è la quota recuperata dell'energia elettrica degli ausiliari in termini di incremento dell'energia termica in uscita al sottosistema accumulo j-esimo nella zona i-esima, [kWh];

kHsi,j è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sottosistema di accumulo j-esimo della zona i-esima, assunta pari a 1;

WH,s,ij è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di accumulo j-esimo nella zona i-esima, [k Wh].

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/31

E.9 Riscaldamento invernale: energia termica richiesta al sistema di generazione e energia elettrica assorbita dagli ausiliari - E.9.5 Sistema impiantistico dedicato alla ventilazione meccanica

E.9.5 Sistema impiantistico dedicato alla ventilazione meccanica

E.9.5.1 Energia termica richiesta al sottosistema di ventilazione

I paragrafi a seguire sono dedicati ai sistemi di ventilazione che non rappresentano sistemi di riscaldamento ad aria, ma sistemi dedicati esclusivamente all'immissione di aria esterna, con o senza recupero termico/entalpico, che eventualmente provvedono alla sua umidificazione con/o senza post-riscaldamento affinché la temperatura di immissione in ambiente sia pari alla temperatura dell'ambiente. Sotto tali ipotesi, l'energia "termica" richiesta al sottosistema di emissione dell'impianto di ventilazione è composto da due parti: l'energia termica sensibile legata al riscaldamento sensibile dell'aria esterna alle condizioni di immissione previste, ϑm (vedi §E.6.3.8), tramite batteria di pre-riscaldamento, cioè:

$$Q_{V,s} = H_{V,adj} \cdot \Delta\theta_{im} \cdot \Delta t \qquad (195)$$

dove:

QV,s è l'energia termica sensibile richiesta per riscaldamento sensibile dell'aria esterna alle condizioni di immissione previste, ϑim, tramite batteria di pre-riscaldamento della zona i-esima, [kWh];

HV,adj è il coefficiente di scambio termico per ventilazione meccanica, [W/K], calcolato secondo la (28), avendo cura di porre sempre bv,k = 1;

Δ ϑim è la differenza tra la temperatura di immissione prefissata nella zona termica considerata, ϑm, e la temperatura media giornaliera esterna, ϑe, [°C];

Δt è la durata del mese considerato (si veda la (17)), [kh].

l'energia termica latente legata al controllo dell'umidità dell'aria della zona i-esima, Qnh,l, così come calcolata al § E.6.3.2.

Le perdite termiche di processo del sottosistema di emissione dell'impianto di ventilazione, QV,e,ls,i, che serve la zona i-esima, sono da considerarsi nulle, cioè:

$$Q_{V,e,ls,i} = 0 \qquad (196)$$

così come il fabbisogno di energia elettrica mensile, WV,e,i, cioè:

$$W_{V,e,i} = 0 \qquad (197)$$

E.9.5.2 Energia termica richiesta al sottosistema di distribuzione aria

L'energia termica sensibile richiesta al sottosistema di distribuzione dell'aria di ventilazione della zona i-esima, QV,a,out,i, è data da:

$$Q_{V,a,out,i} = Q_{V,s,i} + Q_{V,e,ls,i} - k_{V,e,i} \cdot W_{V,e,i} \qquad (198)$$

dove:

QV,a,out,i è l'energia termica sensibile richiesta al sottosistema di distribuzione dell'aria di ventilazione della

zona i-esima, [kWh];

QV,s,i è l'energia termica sensibile richiesta per il riscaldamento sensibile dell'aria esterna alle condizioni di immissione previste, ϑim, tramite batteria di pre-riscaldamento della zona i-esima, [kWh];

QV,e,ls,i è la perdita termica di processo del sottosistema di emissione dell'impianto di ventilazione che serve la zona i-esima, da considerare nulla, [kWh];

kV,e,i è la frazione recuperata direttamente dal fluido termovettore dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sottosistema di emissione;

WV,e,i è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di emissione nella zona i-esima, da considerarsi nullo, [kWh].

L'energia termica latente richiesta al sottosistema di distribuzione dell'aria di ventilazione è pari a quella richiesta al sottosistema di emissione, cioè sempre Qnh,l, così come calcolata al § E.6.3.2.

Le perdite termiche di processo del sottosistema di distribuzione dell'aria di ventilazione, QV,a,ls,i, che serve la zona i-esima sono date dalla:

$$Q_{V,a,ls,i} = \left(\frac{1}{\eta_{aV,i}} - 1\right) \cdot Q_{V,a,out,i} \qquad (199)$$

dove:

QV,a,ls,i sono le perdite termiche di processo del sottosistema di distribuzione dell'aria di ventilazione che serve la zona i-esima, [kWh];

QV,a,out,i è l'energia termica sensibile richiesta al sottosistema di distribuzione dell'aria di ventilazione della zona i-esima, [kWh];

ηaV,i è il rendimento del sottosistema di distribuzione dell'aria di ventilazione della zona i-esima, che viene di norma assunto unitario, essendo l'aria di ventilazione ad una temperatura sempre compresa tra la temperatura esterna e la temperatura interna.

Il fabbisogno di energia elettrica mensile del sottosistema di distribuzione dell'aria di ventilazione della zona i-esima, WV,a,i,, è dovuto alla presenza di elettroventilatori, e si calcola come segue:

$$W_{V,a,i} = \sum_k \dot{W}_{V,a,k} \cdot t_{v,i} \cdot N \qquad (200)$$

dove:

WV,a,i è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di distribuzione dell'aria di ventilazione nella zona i-esima, [kWh];

$\dot{W}_{V,a,k}$ è la potenza del ventilatore k-esimo al servizio del sottosistema di distribuzione dell'aria di ventilazione

nella zona i-esima, [kW];

tv,i è il tempo totale di funzionamento degli ausiliari del sottosistema di distribuzione della ventilazione, assunto pari a 24 h/giorno;

N è il numero dei giorni del mese considerato.

E.9.5.3 Energia termica richiesta al sottosistema di trattamento aria

L'energia termica sensibile richiesta al sottosistema di trattamento dell'aria di ventilazione della zona i-esima, QV,r,out,i, è data da:

$$Q_{V,r,out,i} = Q_{V,a,out,i} + Q_{V,a,ls,i} - k_{V,a,i} \cdot W_{V,a,i} \qquad (201)$$

dove:

QV,r,out,i è l'energia termica sensibile richiesta al sottosistema di trattamento dell'aria di ventilazione della zona i-esima, [kWh];

QV,a,out,i è l'energia termica sensibile richiesta al sottosistema di distribuzione dell'aria di ventilazione della zona i-esima, [kWh];

QV,a,ls,i è la perdita termica di processo del sottosistema di distribuzione dell'aria di ventilazione che serve la zona i-esima, [kWh];

kV,a,i è la frazione recuperata direttamente dal fluido termovettore dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sottosistema di distribuzione dell'aria di ventilazione, assunta pari a 1;

WV,a,i è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di distribuzione dell'aria di ventilazione nella zona i-esima, [kWh].

L'energia termica latente richiesta al sottosistema di trattamento dell'aria di ventilazione è pari a quella richiesta al sottosistema di distribuzione dell'aria di ventilazione, cioè sempre Qnh,l, così come calcolata al § E.6.3.2. Il sistema di trattamento aria dell'impianto di ventilazione può assolvere le seguenti diverse funzioni:

- preriscaldamento dell'aria esterna ad un valore prefissato, ϑm, sempre inferiore o uguale alla temperatura di progetto interna, ϑi, tramite batteria di scambio termico alimentata da un fluido termovettore;

- preriscaldamento dell'aria esterna tramite un recuperatore termico o entalpico a spese dell'aria di espulsione (solo sistemi a doppio flusso/canale);

- umidificazione dell'aria esterna per compensare il carico termico latente richiesto. Vengono presi in considerazione solo i seguenti casi: a) solo preriscaldamento termico attraverso un recuperatore termico o entalpico (solo sistemi a doppio flusso/canale):

$$Q_{V,r,in,i} = 0 \qquad (202)$$

l'energia termica richiesta per tale processo è nulla essendo recuperata dal flusso d'aria espulso; e anche l'energia

elettrica richiesta dagli ausiliari è nulla:

$$W_{V,r,i} = 0 \qquad (203)$$

b) solo preriscaldamento termico attraverso una batteria di scambio termico alla temperatura prefissata ϑim, sempre inferiore al massimo uguale alla temperatura di progetto interna, ϑi; in tal caso, se:

a. la batteria è alimentata da un fluido termovettore (acqua) l'energia termica richiesta è:

$$Q_{V,r,in,i} = Q_{V,r,out,i} \qquad (204)$$

l'energia elettrica richiesta dagli ausiliari è nulla:

$$W_{V,r,i} = 0 \qquad (205)$$

b. la batteria è alimentata elettricamente, l'energia termica richiesta è nulla:

$$Q_{V,r,in,i} = 0 \qquad (206)$$

l'energia elettrica richiesta dagli ausiliari è invece pari a:

$$W_{V,r,i} = Q_{V,r,out,i} \qquad (207)$$

c) umidificazione dell'aria esterna, tramite un umidificatore adiabatico ad atomizzazione a portata variabile, a valle di un recupero termico attraverso un recuperatore termico o entalpico (solo sistemi a doppio flusso/canale):

si determina l'umidità massica che deve essere mediamente ottenuta e mantenuta dal processo di umidificazione, xu,i, nell'aria di ventilazione e umidificazione, che è data, da:

$$x_{u,i} = \frac{Q_{NH,l,i}}{\rho_a \dot{V}_{u,i} h_v \Delta t} + x_i \qquad (208)$$

dove:

Qnh,l,i è il fabbisogno mensile di energia termica latente per la climatizzazione invernale della zona i-esima considerata, [kWh];

ρa è la massa volumica dell'aria considerata secca, pari a 1,2 kg/m3;

$\dot{V}_{u,i}$ è la portata volumetrica media giornaliera dell'aria di processo per il controllo dell'umidità (che può anche coincidere con l'aria di ventilazione), [m3/h];

hv è l'entalpia specifica del vapore di acqua convenzionalmente posta pari a 0,695, [Wh/g];

Δt è la durata del mese considerato (si veda la (17), [kh];

xi è l'umidità massica media giornaliera prefissata per l'aria della zona i-esima, [g/kg].

La temperatura dell'aria di rinnovo a valle del recuperatore termico è data da:

$$\theta_R = \theta_e + \eta_R \cdot (\theta_i - \theta_e) \qquad (209)$$

dove:

ϑR è la temperatura dell'aria a valle del recuperatore, [°C];

ϑi è la temperatura interna prefissata della zona termica considerata, [°C];

ϑe è la temperatura media giornaliera dell'aria esterna, [°C];

ηR è l'efficienza termica del recuperatore termico;

e per:

$$h^{(AU)}(\theta, x) = 0{,}2794 \cdot \theta + \left(0{,}695 + 5{,}167 \cdot 10^{-4} \cdot \theta\right) \cdot x \qquad (210)$$

dove:

h(AU) è l'entalpia dell'aria umida, [Wh/kg (AS)];

ϑ è la temperatura dell'aria umida, [°C];

x è l'umidità massica dell'aria umida, [$g_v^{(H2O)}/Kg^{(as)}$];

si ha:

$$W_{v,r,i} = 0 \qquad (205)$$

dove:

xe è l'umidità massica media giornaliera dell'aria umida esterna, [$g_v^{(H2O)}/Kg^{(as)}$];

oppure, se il recuperatore è entalpico, l'entalpia a valle del recuperatore è data direttamente da:

$$h_R^{(AU)} = h_e^{(AU)} + \eta_R \cdot \left(h_i^{(AU)} - h_e^{(AU)}\right) \qquad (212)$$

dove:

$h_R^{(AU)}$ è l'entalpia dell'aria umida a valle del recuperatore, [Wh/kg];

$hI^{(AU)}$ è l'entalpia dell'aria umida interna prefissata della zona termica considerata (calcolata con l'equazione (210)), [Wh/kg];

$h_E^{(AU)}$ è l'entalpia dell'aria umida media giornaliera dell'aria esterna (calcolata con l'equazione (210)), [Wh/kg];

ηR è l'efficienza termica del recuperatore entalpico;

con

$$h^{(AU)}(\theta,x) = 0{,}2794\cdot\theta + \left(0{,}695 + 5{,}167\cdot10^{-4}\cdot\theta\right)\cdot x \qquad (213)$$

dove:

ϑ è la temperatura dell'aria umida, [°C];

x è l'umidità massica dell'aria umida, $[g_V^{(H2O)}/Kg^{(as)}]$;

si calcola, quindi, l'entalpia a valle del processo di umidificazione, come:

$$h_u^{(AU)} = h_R^{(AU)} + \left(x_u - x_e\right)\cdot 0{,}001163\cdot\theta_w \qquad (214)$$

dove:

ϑw è la temperatura dell'acqua liquida inviata all'atomizzatore, [°C];

si determinano la temperatura a bulbo secco e a bulbo umido (di saturazione adiabatica) a valle del processo di umidificazione, come:

$$\theta_u = \frac{h_u^{(AU)} - 0{,}695\cdot x_u}{0{,}2794 + 5{,}167\cdot10^{-4}\cdot x_u} \qquad (215)$$

$$\theta_{WB} \cong \frac{\theta_R + a\cdot\theta_{DP}}{1+a}$$

$$\text{con} \qquad a = \frac{6\,336815}{(237{,}3+\theta_{DP})^2}\cdot\frac{p_{v,e}}{101325} \quad \text{per } \theta_{DP} \geq 0$$

$$a = \frac{8980876}{(265{,}5+\theta_{DP})^2}\cdot\frac{p_{v,e}}{101325} \quad \text{per } \theta_{DP} < 0 \qquad (216)$$

dove:

ϑR è la temperatura a bulbo secco dell'aria umida prima del processo di umidificazione, data dalla (209) ovvero dalla (215) introducendovi l'entalpia specifica a valle del recuperatore, $H_R^{(AU)}$e l'umidità massica media

giornaliera dell'aria esterna, xe, [°C];

ϑDP è la temperatura di rugiada dell'aria umida prima del processo di umidificazione, [°C], che si calcola come:

$$\theta_{DP} = 237{,}3 \cdot \frac{\ln\left[p_{v,e}/610{,}5\right]}{17{,}269 - \ln\left[p_{v,e}/610{,}5\right]} \qquad p_{v,e} \geq 610{,}5 \ \text{Pa}$$

$$\theta_{DP} = 265{,}5 \cdot \frac{\ln\left[p_{v,e}/610{,}5\right]}{21{,}875 - \ln\left[p_{v,e}/610{,}5\right]} \qquad p_{v,e} < 610{,}5 \ \text{Pa} \qquad (217)$$

Pv,e è la pressione parziale dell'aria umida prima del processo di umidificazione, [Pa], che, se non direttamente nota (valore dell'aria esterna), si calcola come:

$$p_{v,e} = 101325 \cdot \frac{x_e}{622 + x_e} \qquad (218)$$

si confrontano tali temperature e:

a. se ϑu ≥ ϑWB si ha un'umidificazione adiabatica con il controllo della umidità, come richiesto e, ovviamente, la potenza termica richiesta è nulla:

$$Q_{V,r,in,i} = 0 \qquad (219)$$

inoltre, poiché l'efficienza effettiva del recuperatore termico/entalpico è inferiore a quella nominale, occorre ricalcolare le perdite nominali per ventilazione (si veda § E.6.3.8) utilizzando il valore corretto dell'efficienza del recuperatore dato da:

$$\eta_{R,eff} = \frac{\theta_u - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} < \eta_R \qquad (220)$$

b. se u WB si ha una saturazione adiabatica che comunque è insufficiente per controllare l'umidità, come richiesto; è sempre nulla la potenza termica richiesta

$$Q_{V,r,in,i} = 0 \qquad (221)$$

ma si ha:

$$x_{u,eff} < x_{u,i}$$

$$\theta_u = \theta_{WB}$$

$$\eta_{R,eff} = \frac{\theta_{WB} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} < \eta_R \qquad (222)$$

l'energia elettrica richiesta dagli ausiliari è pari all'energia elettrica assorbita dalla pompa dell'atomizzatore, cioè:

$$W_{V,r,i} = \overline{\dot{W}}_{p,i} \cdot \Delta t \qquad (223)$$

dove:

$\overline{\dot{W}}_{p,i}$ a potenza elettrica media giornaliera assorbita dalla pompa dell'atomizzatore, [W];

Δt è la durata del mese considerato (si veda la (17)), [kh];

d) umidificazione dell'aria esterna, tramite un umidificatore adiabatico ad atomizzazione a portata variabile, a valle di un preriscaldamento termico attraverso una batteria di scambio termico, alla temperatura prefissata ϑ_{im}, sempre inferiore al massimo uguale alla temperatura di progetto interna, ϑ_i:

si determina l'umidità massica, che deve essere mediamente ottenuta e mantenuta dal processo di umidificazione, xu,i, nell'aria di ventilazione e umidificazione, sempre come:

$$x_{u,i} = \frac{Q_{NH,l,i}}{\rho_a \dot{V}_{u,i} h_v \Delta t} + x_i \qquad (224)$$

dove tutti i termini hanno il significato definito al precedente punto c);

la temperatura dell'aria umida prevista alla fine del processo di umidificazione sarà per definizione:

$$\theta_{u,i} = \theta_{im,i} \qquad (225)$$

da cui l'entalpia specifica dell'aria umida alla fine del processo di umidificazione è data da:

$$h_u^{(AU)} = 0{,}2794 \cdot \theta_{im} + \left(0{,}695 + 5{,}167 \cdot 10^{-4} \cdot \theta_{im}\right) \cdot x_u \qquad (226)$$

e quindi l'entalpia specifica dell'aria umida all'uscita della batteria di pre-riscaldamento, $h_B^{(AU)}$, è data da:

$$h_B^{(AU)} = h_u^{(AU)} - \left(x_u - x_e\right) \cdot 0{,}001163 \cdot \theta_w \qquad (227)$$

dove:

xe è l'umidità massica media giornaliera dell'aria umida esterna [$g_v^{(H2O)}/Kg^{(as)}$];,

ϑ_w è la temperatura dell'acqua liquida inviata all'atomizzatore, [°C];

la potenza termica richiesta dalla batteria di pre-riscaldamento risulta essere pari a:

$$\dot{Q}_{B,H} = \rho_a \overline{\dot{V}}_{u,i} \cdot \left(h_B^{(AU)} - h_e^{(AU)}\right) \quad (228)$$

dove:

ρa è la massa volumica dell'aria considerata secca, pari a 1,2 kg/m3;

$\dot{V}_{u,i}$ è la portata volumetrica media giornaliera dell'aria di processo per il controllo dell'umidità (che può anche coincidere con l'aria di ventilazione), [m3/h];

$h^{e(AU)}$ è l'entalpia dell'aria umida media giornaliera dell'aria esterna (calcolata con l'equazione (210)), [Wh/kg];

se poi:

a. la batteria è alimentata da un fluido termo vettore (acqua) l'energia termica richiesta dal sottosistema trattamento aria è:

$$Q_{V,r,in,i} = \dot{Q}_{B,H,i} \cdot \Delta t \quad (229)$$

Δt è la durata del mese considerato (si veda la (17)), [kh];

mentre l'energia elettrica richiesta dagli ausiliari è pari all'energia elettrica assorbita dalla pompa dell'atomizzatore, cioè:

$$W_{V,r,i} = \overline{\dot{W}}_{p,i} \cdot \Delta t \quad (230)$$

dove:

$\overline{\dot{W}}_{p,i}$ a potenza elettrica media giornaliera assorbita dalla pompa dell'atomizzatore, [W];

Δt è la durata del mese considerato (si veda la (17)), [kh];

b. la batteria è alimentata elettricamente, l'energia termica richiesta è nulla:

$$Q_{V,r,in,i} = 0 \quad (231)$$

l'energia elettrica richiesta dagli ausiliari è invece pari a:

$$W_{V,r,i} = \dot{Q}_{B,H,i} \cdot \Delta t + \overline{\dot{W}}_{p,i} \cdot \Delta t \quad (232)$$

E.9.5.4 Energia termica richiesta al sottosistema di distribuzione del fluido termovettore

L'energia termica richiesta al sottosistema di distribuzione del fluido termovettore dall'unità trattamento aria dell'impianto di ventilazione, presente solo se vi è nel sottosistema trattamento aria una batteria alimentata da

fluido termovettore, è data da:

$$Q_{V,d,out,i} = Q_{V,r,in,i} \qquad (233)$$

dove:

QV,r,in,i è l'energia termica richiesta dalla batteria di scambio termico del sottosistema trattamento aria di ventilazione della zona i-esima, [kWh].

Le perdite termiche del sottosistema di distribuzione sono date dalla sommatoria delle perdite dei singoli tratti di tubazione dal sistema di generazione al sottosistema trattamento aria, cioè:

$$Q_{V,d,ls} = \sum_i L_i \cdot U_i \cdot (\theta_{f,avg,i} - \theta_{a,i}) \cdot \frac{t_v \cdot N}{1000} \qquad (234)$$

dove:

Li è la lunghezza del tratto i-esimo della rete di distribuzione considerato, [m];

Ui è la trasmittanza lineica del tratto i-esimo della rete di distribuzione considerato, [W/m K];

ϑf,avg,i è la temperatura media del fluido termovettore nei tratti della rete di distribuzione, [°C];

ϑa,i è la temperatura media dell'ambiente in cui sono installate le tubazioni, si veda il § E.8.3.2.1, [°C];

tv è il tempo totale di funzionamento degli ausiliari del sottosistema di distribuzione della ventilazione, assunto pari a 24 h/giorno;

N è il numero dei giorni del mese considerato.

Per tubazioni correnti in aria e con uno spessore di isolante conforme a quello indicato nell'Allegato B del d.P.R. 412/93 la trasmittanza lineica Ui, espressa in W/mK, in funzione del diametro esterno della tubazione (senza isolante) d, espresso in mm, è calcolabile come:

Ui = 0,143+0,0018·d

Per montanti verticali posti verso l'interno del fabbricato in intercapedini che, procedendo dall'interno verso l'esterno, precedono lo strato di isolamento termico avente uno spessore conforme a quello indicato nell'Allegato B del d.P.R. 412/93 moltiplicato per 0,5, la trasmittanza lineica Ui, espressa in W/mK, è calcolabile in funzione del diametro esterno della tubazione (senza isolante) d, espresso in mm, come:

Ui =0,19 +0,0034·d

Per tubazioni correnti entro strutture non affacciate né all'esterno né su locali non riscaldati e con uno spessore di isolante conforme a quello indicato nell'Allegato B del d.P.R. 412/93 moltiplicato per 0,3, la trasmittanza lineica U, espressa in W/mK, in funzione del diametro esterno della tubazione (senza isolante) d, espresso in mm, è calcolabile come:

Ui = 0,225 +0,00532·d

Le perdite si considerano tutte non recuperabili.

Il fabbisogno di energia elettrica del sistema di distribuzione del fluido termovettore per la zona i-esima, Wd,W,i, è dato dal prodotto tra la potenza complessiva degli ausiliari e il tempo di funzionamento dell'impianto di produzione, secondo la relazione:

$$W_{V,d,i} = \sum_k \dot{W}_{V,d,k} \cdot t_v \cdot N \qquad (235)$$

$\dot{W}_{V,d,k}$ è la potenza dell'ausiliario k-esimo al servizio del sistema di distribuzione, [kW]

tv è il tempo totale di funzionamento degli ausiliari del sottosistema di distribuzione della ventilazione, assunto pari a 24 h/giorno;

N è il numero dei giorni del mese considerato.

L'energia termica fornita dal generatore - Centrale Termica - al sistema impiantistico asservito alla ventilazione centralizzata con umidificazione e/o preriscaldamento è dato dalla:

$$Q_{V,d,in} = Q_{V,d,out} + Q_{V,d,ls} \qquad (236)$$

dove:

QV,d,in è l'energia termica fornita dal generatore - Centrale Termica - al sistema impiantistico asservito alla ventilazione centralizzata con umidificazione e/o preriscaldamento (V), [kWh];

QV,d,out è l'energia termica richiesta dalla batteria di scambio termico del sottosistema trattamento aria di ventilazione della zona i-esima, [kWh];

QV,d,ls è la perdita termica di processo del sottosistema di distribuzione del fluido termo vettore, [kWh].

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/32

E.9 Riscaldamento invernale: energia termica richiesta al sistema di generazione e energia elettrica assorbita dagli ausiliari - E.9.6 Energia termica richiesta al sottosistema di generazione

E.9.6 Energia termica richiesta al sottosistema di generazione

Il generico sottosistema di generazione di energia termica converte altre forme di energia (chimica del

combustibile, elettrica, ecc.) in energia termica nella quota richiesta dal o dai diversi sistemi impiantistici ad esso connesso. Tale conversione viene realizzata dai generatori termici, che possono essere sia di diversa tipologia, sia utilizzare vettori energetici diversi. In generale un sottosistema di generazione può essere costituito da più generatori termici, anche di diversa tipologia e impieganti vettori energetici diversi, operanti in modo differenziato a seconda delle logiche di gestione adottate.

L'energia termica richiesta al generico sottosistema x da un insieme di servizi y (riscaldamento, acqua calda sanitaria, ventilazione, raffrescamento, ecc.), Qx,g,out, è determinata sommando tutte le richieste dei singoli servizi e sottraendo l'eventuale contributo delle fonti energetiche rinnovabili, se applicabile:

$$Q_{x,g,out} = \sum_i \sum_j \left[Q_{k,in}\right]_{i,j} - \sum_k Q_{HS,g,out,k} \qquad (237)$$

dove:

Qk,in,i,j è l'energia termica richiesta al sottosistema di generazione x-esimo dal sottosistema di accumulo o distribuzione j-esimo della zona i-esima, [kWh];

QHS,g,outk è il contributo del k-esimo sistema solare termico a riduzione dell'energia termica richiesta, [kWh].

Si possono individuare due casi particolari per cui sviluppare in dettaglio quanto descritto in generale dalla (237), quelli relativi alla generazione termica integrata o separata per i servizi riscaldamento o climatizzazione invernale, acqua calda sanitaria, raffrescamento o climatizzazione estiva, così come definiti e descritti ai paragrafi E.7.2 e E.7.2.1.

E.9.6.1 Generazione termica integrata

L'energia termica richiesta al sottosistema di generazione riscaldamento dall'insieme dei servizi (riscaldamento, acqua calda sanitaria, ventilazione, raffrescamento) che chiedono "caldo", QH,g,out, è data da:

$$Q_{H,g,out} = \sum_i \left\{ \sum_j \left[Q_{H,s,in}\right]_{i,j} + \sum_j \left[Q_{W,s,in}\right]_{i,j} + \sum_j \left[Q_{V,d,in}\right]_{i,j} + \sum_j \left[Q_{RH,s,in}\right]_{i,j} + \sum_j \left[Q_{C,g,in}\right]_{i,j} \right\} - \sum_k Q_{HS,g,out,k} \qquad (238)$$

dove:

QH,s,in,i,j è l'energia termica richiesta al sottosistema di generazione riscaldamento dal sottosistema di accumulo j-esimo della zona i-esima - servizio riscaldamento, [kWh];

QW,s,in,i,j è l'energia termica richiesta al sottosistema di generazione riscaldamento dal sottosistema di accumulo j-esimo della zona i-esima - servizio acqua calda sanitaria, [kWh];

QV,d,in,i,j è l'energia termica richiesta al sottosistema di generazione riscaldamento dal sottosistema di distribuzione j-esimo della zona i-esima - servizio ventilazione, [kWh];

QRH,s,in,i,j è l'energia termica richiesta al sottosistema di generazione riscaldamento dal sottosistema di accumulo del post-riscaldamento j-esimo della zona i-esima - servizio climatizzazione estiva, [kWh];

QC,g,in,i,j è l'energia termica richiesta al sottosistema di generazione riscaldamento dal sottosistema di

generazione del freddo j-esimo della zona i-esima - servizio raffrescamento o climatizzazione estiva, [kWh];

QHSgoutk è il contributo all'energia termica richiesta dell'eventuale k-esimo sistema solare termico, [kWh].

E.9.6.2 Generazione termica separata

L'energia termica richiesta al sottosistema di generazione riscaldamento dall'insieme dei servizi riscaldamento e ventilazione, QH,g,out, è data da:

$$Q_{H,g,out} = \sum_i \left\{ \sum_j \left[Q_{H,s,in} \right]_{i,j} + \sum_j \left[Q_{V,d,in} \right]_{i,j} \right\} - \sum_k Q_{HS,g,out,H,k} \quad (239)$$

dove:

QHS,g,out,H,k è il contributo all'energia termica richiesta al sottosistema di generazione riscaldamento dell'eventuale k-esimo sistema solare termico, [kWh].

L'energia termica richiesta al sottosistema di generazione riscaldamento dal servizio acqua calda sanitaria, QW,g,out, è calcolata in questo caso al § E.8.3.5.

L'energia termica richiesta al sottosistema di generazione riscaldamento dal servizio raffrescamento o climatizzazione estiva, QHC,g,out, è data da:

$$Q_{HC,g,out} = \sum_i \left\{ \sum_j \left[Q_{RH,s,in} \right]_{i,j} + \sum_j \left[Q_{C,g,in} \right]_{i,j} \right\} - \sum_k Q_{HS,g,out,C,k} \quad (240)$$

dove i simboli aggiuntivi indicano:

QHS,g,out,C,k è il contributo all'energia termica richiesta al sottosistema di generazione riscaldamento finalizzato alla produzione del freddo dell'eventuale k-esimo sistema solare termico, [kWh].

E.9.6.3 Suddivisione della richiesta termica tra più generatori

Calcolata per il generico sottosistema di generazione x la sua richiesta termica Qx,g,out, se si hanno più generatori in parallelo occorre ripartire in modo adeguato la richiesta totale sui singoli generatori, con la condizione che:

$$Q_{x,g,out} = \sum_k Q_{gn,out,k} + \left(\sum_{k=1}^{N_g} k_{af,k} W_{af,k} \right)_x \quad (241)$$

dove i simboli aggiuntivi indicano:

Qgn,out,k è l'energia termica richiesta al generatore k-esimo del sottosistema di generazione x-esimo, [kWh].

Se si hanno più generatori posti in parallelo, questi possono essere azionati con due diverse modalità, che

modificano il modo di attribuire le frazioni di richiesta termica:

A. in parallelo puro (assenza di priorità di accensione);

B. con priorità di accensione predefinita (funzionamento in cascata).

Per calcolare le quote richieste ad ogni singolo generatore, Qgn,out,k, si opera come segue:

1. si calcola il fattore di carico termico utile del sottosistema di generazione x-esimo definito come segue:

$$FC_{tu,x} = \frac{Q_{x,g,out} - \left(\sum_{k=1}^{N_g} k_{af,k} W_{af,k}\right)_x}{\left(\sum_{k=1}^{N_g} \Phi_{tu,N,k} \cdot t_{gn} \cdot N\right)_x} \qquad (242)$$

dove:

Φtu,N,k è la potenza termica utile nominale del generatore k-esimo, [kW];

kaf.k è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari a valle del k-esimo generatore;

Waf,k è l'energia elettrica assorbita dagli ausiliari a valle del k-esimo generatore, [kWh];

tgn è il tempo totale di funzionamento del generatore (tempo di attivazione), assunto pari a 24 h/giorno;

N è il numero dei giorni del mese considerato;

Ng è il numero dei generatori presenti nel sottosistema di generazione x-esimo.

CASO 1 (assenza di priorità di accensione)

2. tutti i generatori hanno lo stesso fattore di carico termico utile, cioè

$$FC_{tu,x} \equiv \left(FC_{tu,k}\right)_x = \left(\frac{Q_{gn,out,k}}{\Phi_{tu,N,k} \cdot t_{gn} \cdot N}\right)_x \qquad (243)$$

da cui l'energia richiesta ad ogni singolo generatore è:

$$\left(Q_{gn,out,k}\right)_x = FC_{tu,x} \cdot \left(\Phi_{tu,N,k} \cdot t_{gn} \cdot N\right)_x \qquad (244)$$

che rappresenta il dato d'ingresso per il calcolo delle perdite di ogni singolo generatore e quindi del sistema di generazione nel suo complesso.

CASO 2 (funzionamento in cascata)

2. i generatori sono regolati in modo da attivarsi in cascata, cioè il carico viene soddisfatto dal generatore n. 1 e,

solo quando questo non è più in grado di soddisfare la richiesta, parte il generatore n. 2 e così via in sequenza ordinata crescente. Se il carico si riduce, l'ultimo generatore attivato va prima in regolazione e infine si spegne, e così via in sequenza ordinata decrescente. In questo caso i generatori hanno, mese per mese, un fattore di carico termico utile differenziato in base all'ordine di attivazione. Per il calcolo di tali fattori occorre definire la potenza termica utile media:

$$\Phi_{tu,ave,x} \equiv \frac{Q_{x,g,out}\left(-\sum_{k=1}^{N_g} k_{af,k} W_{af,N,k}\right)_x}{t_{gn} \cdot N} = FC_{tu,x} \cdot \left(\sum_{k=1}^{N_g} \Phi_{tu,N,k}\right)_x \qquad (245)$$

dove:

Φtu,ave,x potenza termica utile media per il sottosistema di generazione x-esimo, [kW];

Φtu,N,kpotenza termica utile nominale del generatore k-esimo, [kW];

kaf,k è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari a valle del k-esimo generatore;

Waf,N,k è l'energia elettrica nominale assorbita dagli ausiliari a valle del k-esimo generatore, [kWh];

tgn è il tempo totale di funzionamento del generatore (tempo di attivazione), assunto pari a 24 h/giorno;

N è il numero dei giorni del mese considerato;

Ng è il numero dei generatori presenti nel sottosistema di generazione x-esimo.

Il fattore di carico termico utile per ogni singolo generatore k è quindi dato da:

$$\left(FC_{tu,k}\right)_x = \frac{\Phi_{tu,ave,x} - \left(\sum_{j=1}^{k} \Phi_{tu,N,j}\right)_x}{\left(\Phi_{tu,N,k}\right)_x} \qquad (246)$$

con le seguenti condizioni:

a. se $FC_{tu,k} > 1 \Rightarrow FC_{tu,k} = 1$

b. se $FC_{tu,k} < 0 \Rightarrow FC_{tu,k} = 0$

da cui l'energia richiesta ad ogni singolo generatore è:

$$\left(Q_{gn,out,k}\right)_x = \left(FC_{tu,k} \cdot \Phi_{tu,N,k} \cdot t_{gn} \cdot N\right)_x \qquad (247)$$

che rappresenta il dato d'ingresso per il calcolo delle perdite di ogni singolo generatore e quindi del sistema di generazione nel suo complesso.

NOTA: Il calcolo dei fattori di carico FCtu,k per ogni generatore va eseguito in modo ordinato seguendo l'ordine di priorità di accensione.

In generale l'energia termica richiesta al sottosistema di generazione, QH,g,out,H, che alimenta le j tipologie impiantistiche nelle i zone ai fini del riscaldamento o della climatizzazione invernale, è data da:

$$Q_{H,g,out,H} = \sum_i \sum_j \left[Q^*_{NH,s,adj} + \left(Q_{H,e,ls} - k_{H,e} \cdot W_{H,e}\right) + \left(Q_{H,d,ls} - k_{H,d} \cdot W_{H,d}\right) + \left(Q_{H,s,ls} - k_{H,s} \cdot W_{H,s}\right) \right]_{i,j} + \\ + \sum_i \left[Q_{V,d,out} + Q_{V,d,ls} - k_{V,d} \cdot W_{V,d} \right]_i \qquad (248)$$

dove:

QH,g,outH è l'energia termica richiesta al sottosistema di generazione per il riscaldamento o la climatizzazione invernale, [k Wh];

NH,s,a j è il fabbisogno netto di energia termica sensibile corretto per il riscaldamento o la climatizzazione invernale della zona termica i-esima soddisfatto dalla tipologia d'impianto j-esima, [kWh];

QH,e,ls,i,j è la perdita termica di processo del sottosistema di emissione j-esimo nella zona i-esima, [kWh];

kH,e,i,j è la frazione recuperata direttamente dal fluido termovettore dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sottosistema di emissione j-esimo nella zona i-esima; nel caso specifico si può considerare sempre il valore 1 giacché gli ausiliari degli emettitori sono quasi sempre all'interno degli ambienti riscaldati;

WH,e,i,j è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di emissione j-esimo nella zona i-esima, [k Wh];

Qh,d,ls,i,j è la perdita termica di processo del sottosistema di distribuzione j-esimo nella zona i-esima, [kWh];

kH,d,i,j è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sottosistema di distribuzione j-esimo nella zona i-esima, assunta pari a 0,85;

WH,d,i,j è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di distribuzione j-esimo nella zona i-esima, [k Wh];

Qh,s,ls,i,j è la perdita termica di processo del sistema di accumulo j-esimo della zona i-esima, [kWh];

kH,s,ij è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sottosistema di accumulo j-esimo della zona i-esima, assunta pari a 1;

WH,s,ij è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di accumulo j-esimo della zona i-esima, [kWh];

QV,d,out,i è l'energia termica richiesta al sottosistema di distribuzione del fluido termo vettore dall'unità trattamento aria dell'impianto di ventilazione, [kWh];

QV,d,ls,i è la perdita termica di processo del sottosistema di distribuzione del fluido termovettore per la ventilazione nella zona i-esima, [kWh];

kV,d,i è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sottosistema di distribuzione del fluido termo vettore per la ventilazione nella zona i-esima, assunta pari a 0,85;

WV,d,i è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di distribuzione del fluido termovettore per la ventilazione nella zona i-esima, [kWh].

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/33

E.9 Riscaldamento invernale: energia termica richiesta al sistema di generazione e energia elettrica assorbita dagli ausiliari - E.9.7 Energia elettrica richiesta dagli ausiliari

E.9.7 Energia elettrica richiesta dagli ausiliari

L'energia elettrica complessivamente assorbita dagli ausiliari delle j tipologie impiantistiche che servono le i zone, ai fini del riscaldamento o della climatizzazione invernale,WH,req, è data da:

$$W_{H,req} = \sum_i \sum_j \left[W_{H,e} + W_{H,d} + W_{H,s} \right]_{i,j} + \sum_i \left[W_{V,e} + W_{V,a} + W_{V,r} + W_{V,d} \right]_i + W_{GS,in} \quad (249)$$

dove i simboli aggiuntivi indicano:

WV,e,i è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di emissione dell'aria di ventilazione nella zona i-esima, [kWh];

WV,a,i è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di distribuzione dell'aria di ventilazione nella zona i-esima, [kWh];

WV,r,i è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di trattamento dell'aria di ventilazione nella zona i-esima, [kWh];

WV,d,i è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di distribuzione del fluido termovettore dell'aria di ventilazione nella zona i-esima, [kWh];

WGS,in è il fabbisogno di energia elettrica complessivamente assorbita dagli ausiliari del sottosistema di generazione dell'energia termica da fonte solare, [kWh].

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/34

E.9 Riscaldamento invernale: energia termica richiesta al sistema di generazione e

energia elettrica assorbita dagli ausiliari - E.9.8 Bilancio energetico per generatori di calore

E.9.8 Bilancio energetico per generatori di calore

E.9.8.1 Generatori tradizionali

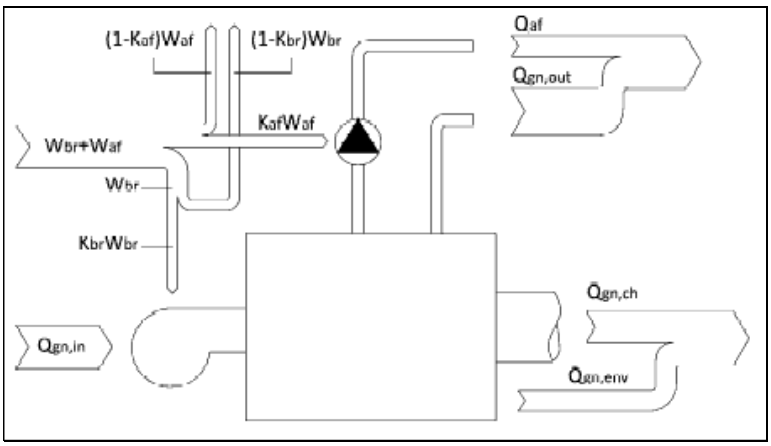


Figura 16 - Bilancio energetico di un generatore tradizionale

Con riferimento allo schema riportato in Figura 16, la perdita energetica totale del sottosistema di generazione, Qgn,L, è data da:

$$Q_{gn,L} = Q_{gn,env} + Q_{gn,ch} + (1 - k_{br}) \cdot W_{br} + (1 - k_{af}) \cdot W_{af} \qquad (250)$$

dove:

Qgn,L è la perdita termica totale del sottosistema di generazione, [kWh];

Qgn,env è la perdita termica del generatore al mantello, [kWh];

Qgn,ch è la perdita termica del generatore al camino, [kWh];

kbr è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dal bruciatore;

Wbr è l'energia elettrica complessivamente assorbita dai bruciatori, [kWh];

kaf è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dalla pompa;

Waf è l'energia elettrica complessivamente assorbita dalle pompe, [kWh].

Il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di generazione è dato dalla somma dell'energia elettrica assorbita dal bruciatore e dell'energia elettrica assorbita dalla pompa, secondo la relazione:

$$W_{gn} = W_{br} + W_{af} \qquad (251)$$

dove:

Wgn è l'energia elettrica complessivamente assorbita dal generatore di calore, [kWh];

Wbr è l'energia elettrica assorbita dal/dai bruciatori, [kWh];

Waf è l'energia elettrica assorbita dalla/e pompe, [kWh].

L'energia elettrica assorbita dal/dai bruciatori del sottosistema di generazione, Wbr, si calcola come:

$$W_{br} = FC \cdot t_{gn} \cdot N \cdot \sum_{i} \dot{W}_{br,i} \qquad (252)$$

dove:

Wbr è l'energia elettrica complessivamente assorbita dai bruciatori, [kWh];

FC è il fattore di carico al focolare del generatore (campo di validità 0-1);

tgn è il tempo totale di funzionamento del generatore (tempo di attivazione), assunto pari a 24 h/giorno;

N è il numero dei giorni del mese considerato;

$\dot{W}_{br,i}$ è la potenza nominale del bruciatore i-esimo del sottosistema di generazione, [kW].

L'energia elettrica assorbita dalla/e pompe del sottosistema di generazione, Waf, si calcola, per le pompe anticondensa e le pompe interne alla macchina il cui funzionamento è asservito al generatore, come:

$$W_{af} = FC \cdot t_{gn} \cdot N \cdot \sum_{i=1}^{n} \dot{W}_{af,i} \qquad (253)$$

dove:

Waf è l'energia elettrica complessivamente assorbita dalle pompe, [kWh];

FC è il fattore di carico al focolare del generatore (campo di validità 0-1);

tgn è il tempo totale di funzionamento del generatore (tempo di attivazione), assunto pari a 24 h/giorno;

Nè il numero dei giorni del mese considerato;

L'energia elettrica recuperata dagli ausiliari del sottosistema di generazione, Qgn,Aux,rvd, è complessivamente data da:

$$Q_{gn,Aux,rvd} = k_{gn} \cdot W_{gn} = k_{br} \cdot W_{br} + k_{af} \cdot W_{af} = Q_{br} + Q_{af} \qquad (254)$$

dove:

Qgn,Aux,rvd è la quota recuperata dell'energia elettrica degli ausiliari in termini di incremento dell'energia termica in uscita al sottosistema di generazione, [kWh];

kgn è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dal generatore;

Wgn è l'energia elettrica complessivamente assorbita dal generatore di calore, [kWh];

kbr è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dal bruciatore;

Wbr è l'energia elettrica complessivamente assorbita dai bruciatori, [kWh];

kaf è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dalla pompa;

Waf è l'energia elettrica complessivamente assorbita dalle pompe, [kWh];

Qbr è l'energia termica recuperata a valle del bruciatore (a monte del focolare) nell'aria comburente e/o nel combustibile, [kWh];

Qaf è l'energia termica recuperata a valle del focolare nel fluido termovettore, [kWh].

La frazione recuperata dell'energia elettrica del/dei bruciatori del sottosistema di generazione, kbr, si calcola come:

$$k_{br} = \frac{\sum_i \left(\eta_{br} \cdot \dot{W}_{br}\right)_i}{\sum_i \dot{W}_{br,i}} \qquad (255)$$

dove:

$\dot{W}_{br,i}$ è la potenza nominale del bruciatore i-esimo del sottosistema di generazione, [kW];

$\eta_{br,i}$ è il rendimento meccanico nominale del bruciatore i-esimo.

Per il rendimento meccanico del bruciatore i-esimo, e dunque per la frazione recuperata dell'energia elettrica, kbr, si assume il valore di 0,8.

La frazione recuperata dell'energia elettrica della/e pompe del sottosistema di generazione, kaf, si calcola come:

$$k_{af} = \frac{\sum_i \left(\eta_{af} \cdot \dot{W}_{af}\right)_i}{\sum_i \dot{W}_{af,i}} \qquad (256)$$

dove:

$\dot{W}_{af,i}$ è la potenza nominale della pompa i-esima del sottosistema di generazione, [kW];

$\eta_{f,i}$ è il rendimento meccanico nominale della pompa i-esima.

Per il rendimento meccanico della pompa i-esima, e dunque per la frazione recuperata dell'energia elettrica kaf, si assume il valore di 0,80.

La frazione recuperata dell'energia elettrica della/e pompe del sottosistema di generazione, kaf, si calcola come:

$$Q_{gn,out} = Q_{H,g,out} - Q_{af} \quad (257)$$

con:

$$Q_{af} = k_{af} \cdot W_{af} \quad (258)$$

Le perdite termiche del generatore si calcolano come:

$$Q_{gn,ch} = \frac{P_{ch,on}}{100} \cdot t_{on} \cdot N \cdot \Phi_{cn} + \frac{P_{ch,off}}{100} \cdot t_{off} \cdot N \cdot \Phi_{cn} \quad (259)$$

$$Q_{gn,env} = \frac{P_{gn,env}}{100} \cdot t_{gn} \cdot N \cdot \Phi_{cn} \quad (260)$$

con:

$$t_{gn} = t_{on} + t_{off} \quad (261)$$

$$t_{on} = FC \cdot t_{gn} \quad (262)$$

dove:

Qgn,ch è la perdita termica totale al camino del generatore, [kWh];

Qgn,env è la perdita termica al mantello del generatore, [kWh];

Pch,on è la perdita termica percentuale al camino a bruciatore acceso, [%];

Pch,off è la perdita termica percentuale al camino a bruciatore spento, [%];

Pgn,env è la perdita termica percentuale al mantello del generatore, [%];

tgn è il tempo totale di funzionamento del generatore (tempo di attivazione), assunto pari a 24 h/giorno;

ton è il tempo di funzionamento giornaliero con fiamma del bruciatore accesa, [h/giorno];

toff è il tempo di funzionamento giornaliero con fiamma del bruciatore spenta, [h/giorno];

Φcn è la potenza termica nominale al focolare del generatore, [kW];

FC è il fattore di carico al focolare del generatore (campo di validità 0-1);

N è il numero dei giorni del mese considerato.

Il fattore di carico al focolare del generatore è definito come:

$$FC = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} = \frac{Q_{gn,in}}{\Phi_{cn} \cdot t_{gn} \cdot N} \qquad (263)$$

dove:

Qgn,in è l'energia del combustibile in ingresso al generatore, [kWh], che è quindi calcolabile in funzione di FC come:

$$Q_{gn,in} = FC \cdot \Phi_{cn} \cdot t_{gn} \cdot N \qquad (264)$$

Il fattore di carico al focolare si calcola poi secondo la:

$$FC = \frac{\frac{100 \cdot Q_{gn,out}}{\Phi_{ref} \cdot t_{gn} \cdot N} + P_{ch,off} + P_{gn,env}}{100 \cdot \frac{\Phi_{cn} + k_{br} \cdot \dot{W}_{br}}{\Phi_{ref}} - \frac{\Phi_{cn}}{\Phi_{ref}} \cdot P_{ch,on} + P_{ch,off}} \qquad (265)$$

dove la potenza di riferimento, Φref, si assume pari alla potenza termica nominale al focolare, Φcn, per cui la (265) diventa:

$$FC = \frac{\frac{100 \cdot Q_{gn,out}}{\Phi_{cn} \cdot t_{gn} \cdot N} + P_{ch,off} + P_{gn,env}}{100 \cdot \frac{\Phi_{cn} + k_{br} \cdot \dot{W}_{br}}{\Phi_{cn}} - P_{ch,on} + P_{ch,off}} \qquad (266)$$

Le perdite percentuali del generatore, che devono assumere valori sempre positivi, si determinano in funzione delle perdite percentuali nominali e del fattore di carico FC, secondo le seguenti relazioni:

$$P_{ch,on} = \left[P'_{ch,on} + 0{,}045 \cdot \left(\theta_{gn,av} - \theta_{gn,test}\right)\right] \cdot FC^{n} \qquad (267)$$

$$P_{ch,off} = P'_{ch,off} \cdot \frac{\left(\theta_{gn,av} - \theta_{a,gn}\right)}{\left(\theta_{gn,test} - \theta_{a,test}\right)} \cdot FC^{p} \qquad (268)$$

$$P_{gn,env} = P'_{gn,env} \cdot k_{gn,env} \cdot \frac{\theta_{gn,av} - \theta_{a,gn}}{\theta_{gn,test} - \theta_{a,test}} \cdot FC^m \quad (269)$$

dove:

P'ch,on è la perdita termica percentuale nominale al camino a bruciatore acceso, [%];

P'ch,off è la perdita termica percentuale nominale al camino a bruciatore spento, [%];

P'gn,env è la perdita termica percentuale nominale al mantello del generatore, [%];

ϑgnav è la temperatura media dell'acqua nel generatore (media aritmetica di mandata e ritorno) in condizioni di funzionamento reali, [°C];

ϑa,gn è la temperatura media mensile dell'ambiente ospitante il generatore dato dalla (270), [°C];

ϑgn,test è la temperatura media dell'acqua nel generatore in condizioni di test, pari a 70°C;

ϑa,test è la temperatura dell'ambiente nelle condizioni di test, pari a 20°C;

kgn,env è il fattore di riduzione delle perdite al mantello del generatore (Prospetto L);

FC è il fattore di carico al focolare del generatore (campo di validità 0-1);

n è l'esponente definito al Prospetto LI;

p è l'esponente definito al Prospetto LI;

m è l'esponente definito al Prospetto LI.

Il valore del fattore di carico FC si determina tramite iterazioni successive seguendo la procedura descritta di seguito:

1. porre al primo passo il valore del fattore di carico pari a 1;

2. determinare il valore: Pch,on, Pch,off, Pgn,env e Qgn,out;

3. calcolare nuovamente FC tramite la (265);

4. ripetere il calcolo finché FC converge (variazione di FC inferiore a 0,01).

Tipo di perdita	Impianto nuovo	Impianto esistente

P'ch,on	Perdite termiche percentuali nominali al camino con bruciatore funzionante.	Valore registrato in fase di collaudo dell'impianto mediante "prova fumi"; qualora tale dato non sia disponibile si fa riferimento ai valori forniti dal costruttore o in assenza di questi a quelli riportati nel Prospetto LIII.	Valore registrato mediante "prova fumi". Se tale valore, riportato sul libretto di centrale, risale a più di ventiquattro mesi prima dalla richiesta di certificazione energetica dell'edificio, è previsto l'obbligo di una nuova "prova fumi". Solo in caso di mancanza di allacciamento alla rete del gas naturale è possibile fare riferimento al Prospetto LIII.
P'gn,env	Perdite percentuali verso l'ambiente attraverso il mantello.	Dati dichiarati dal costruttore. In mancanza di tali dati, valori riportati nel Prospetto XLVIII.	Dati dichiarati dal costruttore. In mancanza di tali dati, valori riportati nel Prospetto XLVIII.
P'ch,off	Perdite percentuali al camino con bruciatore spento.	Dati dichiarati dal costruttore. In mancanza di tali dati, valori riportati nel Prospetto XLIX.	Dati dichiarati dal costruttore. In mancanza di tali dati, valori riportati nel Prospetto XLIX.

Prospetto XLVII - Metodologia da seguire per la quantificazione delle perdite termiche

Le perdite nominali verso l'ambiente attraverso il mantello del generatore, P'gn,env, in mancanza di dati dichiarati dal costruttore, vengono quantificate attraverso i dati riportati nel Prospetto XLVIII dove Φcn è la potenza nominale del focolare espressa in kW e log è il logaritmo in base 10.

Tipo di isolamento del mantello del generatore	Età del generatore	P'gn,env [%]
Generatore nuovo ad alto rendimento, ben isolato	Nuova installazione	1,72-0,44 log Φcn
Generatore ben isolato e manutenuto	Fino a 5 anni ben isolato	3,45-0,88 log Φcn
Generatore obsoleto e mediamente isolato	Da 6 a 11 anni mediamente isolato	6,90-1,76 Φ cn
Generatore obsoleto e privo di isolamento	Da 6 a 11 anni privo di isolamento	8,36-2,20 Φ cn

Generatore non isolato	Superiore ai 12 anni	10,35-2,64 Φ cn

Prospetto XLVIII - Valori delle perdite di calore attraverso il mantello, P'gn,env (Fonte UNI TS 11300-2:2008)

Le perdite percentuali nominali al camino a bruciatore spento, P'ch,off, in mancanza di dati dichiarati dal costruttore, vengono quantificate attraverso i valori riportati nel Prospetto XLIX.

Tipo di generatore	P'ch,off
Bruciatori ad aria soffiata a combustibile liquido e gassoso con chiusura dell'aria comburente all'arresto	0,2
Bruciatori soffiati a combustibile liquido e gassoso a premiscelazione totale	0,2
Generatori con scarico a parete	0,2
Bruciatori ad aria soffiata senza chiusura dell'aria comburente all'arresto - con camino di altezza fino a 10 m - con camino di altezza maggiore di 10 m	 1,0 1,2
Bruciatori atmosferici a gas - con camino di altezza fino a 10 m - con camino di altezza maggiore di 10 m	 1,2 1,6

Prospetto XLIX - Valori delle perdite al camino a bruciatore spento, P'ch,off

(Fonte: UNI TS 11300-2:2008)

Il fattore di riduzione delle perdite al mantello del generatore, kgn,env, è ricavabile dal Prospetto L in relazione all'ubicazione del generatore.

Tipo e ubicazione del generatore	kgn,env
Generatore installato entro lo spazio riscaldato	0,1

Generatore di tipo B installato entro lo spazio riscaldato	0,2
Generatore installato in centrale termica	0,7
Generatore installato all'esterno	1,0

Prospetto L - Valori del fattore di riduzione delle perdite al mantello del generatore, kgn,env

(Fonte: UNI TS 11300-2:2008)

Il valore dell'esponente da utilizzare nel calcolo delle perdite percentuali del generatore è ricavabile dal Prospetto LI in relazione alla tipologia di generatore.

Tipo di generatore	n	m	p
Circolazione permanente di acqua in caldaia:			
Generatore a parete, generatore in alluminio	0,05	0	0
Generatore di acciaio	0,10	0	0
Generatore in ghisa	0,15	0	0
Interruzione della circolazione in caldaia a temperatura ambiente raggiunta. La pompa primaria si ferma alcuni minuti dopo il bruciatore ed entrambi vengono fermati dal termostato ambiente:			
Generatore a parete, generatore in alluminio	0,05	0,15	0,15
Generatore di acciaio	0,10	0,10	0,10
Generatore in ghisa	0,15	0,05	0,05

Prospetto LI - Valori di riferimento degli esponenti n, m, p

(Fonte: UNI TS 11300-2:2008)

Se il generatore è installato in un locale climatizzato la temperatura ϑ_{agn} è pari a 20°C. Se il generatore è posto in un locale non riscaldato ϑ_{agn} deve essere determinato secondo la:

$$\theta_{a,gn} = \theta_i - F_T \cdot (\theta_i - \theta_e) \qquad (270)$$

dove:

ϑa,gn è la temperatura media mensile dell'ambiente ospitante il generatore, si veda la (270), [°C];

FT è il fattore correttivo da applicare così da tener conto delle diverse condizioni di temperatura degli ambienti non climatizzati (Prospetto LII);

ϑi è la temperatura interna prefissata della zona termica considerata, (si veda § E.3), [°C];

ϑe è il valore medio mensile della temperatura media giornaliera esterna, (si veda il § E.6.3.7.1), [°C].

Tipo e ubicazione del generatore	FT
Centrale termica sotto il piano campagna	0,6
Centrale termica adiacente ad ambiente a temperatura controllata	0,5
Centrale termica isolata o adiacente a locale non riscaldato	0,7
Caldaia all'esterno	1,0
Caldaia all'interno	0

Prospetto LII - Valori del fattore di correzione FT da applicare

(Fonte: UNI TS 11300-2:2008)

Tipologia del generatore	P'ch,on
Generatore atmosferico tipo B	12
Generatore di tipo C11 (tiraggio forzato)	10
Caldaia a gas con bruciatore ad aria soffiata	10
Caldaia a gasolio/biodiesel con bruciatore ad aria soffiata	10

Prospetto LIII - Valori delle perdite termiche percentuali nominali al camino con bruciatore funzionante, P'ch,on, cui fare riferimento in assenza della prova fumi o in assenza di allacciamento alla rete del gas

(Fonte: UNI TS 11300-2:2008)

E. 9.8.2 Generatori multistadio o modulanti

Un generatore multistadio o modulante è caratterizzato da tre stati tipici di funzionamento:

- bruciatore spento;

- bruciatore acceso alla minima potenza;

- bruciatore acceso alla massima potenza.

Il metodo di calcolo ipotizza due sole possibili condizioni di utilizzo:

- funzionamento del generatore ad intermittenza alla minima potenza;

- funzionamento del generatore con continuità ad una potenza compresa fra il minimo e il massimo.

Rispetto ad un generatore tradizionale, per caratterizzare un generatore multistadio o modulante devono essere considerati i seguenti dati aggiuntivi:

- Φcn,min è la potenza minima al focolare di funzionamento continuo a fiamma accesa; è un dato fornito dal costruttore e solo in assenza di tale valore è possibile ricorrere a quelli riportati al Prospetto LIV, [kW];

- P'ch,on,min è il fattore di perdita Pch,on alla potenza minima al focolare Ocn,min; in assenza di valori dichiarati dal costruttore si possono utilizzare i dati riportati nel Prospetto LV, [kW];

- $\dot{W}_{br,min}$ è la potenza degli ausiliari elettrici alla potenza minima al focolare clcn,min; in mancanza di dati forniti dal costruttore è possibile riferirsi a quelli riportati al Prospetto LVI, [kW].

Descrizione	Φcn,min [kW]
Bruciatore di gas	0,3 Φcn,max
Bruciatore di combustibile liquido	0,5 Φcn,max

Prospetto LIV - Dati di riferimento per Φcn,min

(Fonte: UNI TS 11300-2:2008)

Descrizione	ϑ 'gn,test	P'ch,on,min

Generatore atmosferico tipo B	70	15
Generatore di tipo C11 (tiraggio forzato)	70	12
Caldaia a gas con bruciatore ad aria soffiata	70	8
Caldaia a condensazione	50	5
Caldaia a gasolio/biodiesel con bruciatore ad aria soffiata	70	10

Prospetto LV - Valori di default di ϑ'gn,test e P'ch,on,min per generatori multistadio o modulanti

(Fonte: UNI TS 11300-2:2008)

Descrizione	$\dot{W}_{br,min}$ [kW]
Ventilatore aria comburente ed ausiliari bruciatore (gas)	$\dot{W}_{br,min} = \Phi cn,min \cdot 0,002$
Ventilatore aria comburente ed ausiliari bruciatore (gasolio)	$\dot{W}_{br,min} = \Phi cn,min \cdot 0,003$
Ventilatore aria comburente ed ausiliari bruciatore (olio combustibile)	
- senza riscaldatore	$\dot{W}_{br,min} = \Phi cn,min \cdot 0,004$
- con riscaldatore	$\dot{W}_{br,min} = \Phi cn,min \cdot 0,02$

Prospetto LVI - Valori di default delle potenze degli ausiliari alla potenza minima del focolare per generatori mutistadio o modulanti

(Fonte: UNI TS 11300-2:2008)

I valori nominali considerati nel calcolo sono quelli alla potenza massima indicati come:

Φcn,max=Φcn è la potenza massima al focolare, [kW];

P'ch,om,max=P'ch,on è il fattore di perdita al camino con bruciatore acceso alla potenza massima al focolare, [%].

Il calcolo viene effettuato in maniera analoga ai generatori monostadio utilizzando:

- Φcn,min al posto di Φcn;

- P'ch,on,min al posto di P'ch,on;

- $\dot{W}_{br,min}$ al posto di $\dot{W}_{br}$

Il fattore di carico viene determinato quindi, analogamente a quanto fatto per i generatori monostadio, con la seguente espressione, dove la potenza di riferimento, Φref, per la determinazione delle perdite nominali al mantello P'gn,ev, e al camino a bruciatore spento, P'ch,off, è presa pari a quella nominale e quindi a Φcn,max:

$$FC = \frac{\frac{100 \cdot Q_{gn,out}}{\Phi_{cn,max} \cdot t_{gn} \cdot N} + P_{ch,off} + P_{gn,env}}{100 \cdot \frac{\Phi_{cn,min} + K_{br} \cdot \dot{W}_{br,min}}{\Phi_{cn,max}} - \frac{\Phi_{cn,min}}{\Phi_{cn,max}} \cdot P_{ch,on,min} + P_{ch,off}} \qquad (271)$$

dove:

$$P_{ch,on,min} = \left[P'_{ch,on,min} + 0{,}045 \cdot \left(\theta_{gn,av} - \theta_{gn,test}\right)\right] \cdot FC^n \qquad (272)$$

$$P_{ch,off} = P'_{ch,off} \cdot \frac{\left(\theta_{gn,av} - \theta_{a,gn}\right)}{\left(\theta_{gn,test} - \theta_{a,test}\right)} \cdot FC^p \qquad (273)$$

$$P_{gn,env} = P'_{gn,env} \cdot k_{gn,env} \cdot \frac{\theta_{gn,av} - \theta_{a,gn}}{\theta_{gn,test} - \theta_{a,test}} \cdot FC^m \qquad (274)$$

Se FC converge ad un valore minore a 1, si procede fino al termine della procedura prevista per i generatori monostadio.

Il fabbisogno di combustibile, Qgn,in, si calcola con:

$$Q_{gn,in} = \Phi_{cn,min} \cdot t_{gn} \cdot FC \cdot N \qquad (275)$$

L'energia elettrica assorbita dagli ausiliari è data da:

$$W_{gn} = W_{br} + W_{af} = \left(\dot{W}_{af} + \dot{W}_{br}\right) \cdot FC \cdot t_{gn} \cdot N \qquad (276)$$

L'energia elettrica complessivamente recuperata è data da:

$$Q_{gn,Aux,rvd} = Q_{br} + Q_{af} = k_{br} \cdot W_{br} + k_{af} \cdot W_{af} \qquad (277)$$

Le perdite totali sono date da:

$$Q_{gn,L} = Q_{gn,in} - Q_{H,g,out} + k_{br} \cdot W_{br} + k_{af} \cdot W_{af} \qquad (278)$$

Se FC converge ad un valore maggiore o uguale a 1, si calcola la potenza media al focolare Φavg con la seguente procedura:

1. Determinare la quantità di calore che il generatore deve fornire Qgn,out (in assenza di accumulo esso è uguale alla somma dei fabbisogni di calore dei sottosistemi di distribuzione alimentati).

2. Calcolare Pgn,env con la formula (269) assumendo FC=1.

3. Calcolare Pch,on,min e Pch,on,max con la formula (267) assumendo FC = 1.

4. Calcolare Qaf con la formula (258).

5. Porre $\Phi_{cn,avg} = \Phi_{cn,min}$

6. Calcolare Pch,on,avg con:

$$P_{ch,on,avg} = P_{ch,on,min} + (P_{ch,on,max} - P_{ch,on,min}) \cdot \frac{\Phi_{cn,avg} - \Phi_{cn,min}}{\Phi_{cn} - \Phi_{cn,min}} \qquad (279)$$

7. Calcolare $\dot{W}_{br,avg}$ con:

$$\dot{W}_{br,avg} = \dot{W}_{br,min} + (\dot{W}_{br,max} - \dot{W}_{br,min}) \cdot \frac{\Phi_{cn,avg} - \Phi_{cn,min}}{\Phi_{cn} - \Phi_{cn,min}} \qquad (280)$$

dove:

$\dot{W}_{br,max}$ è la potenza elettrica assorbita dal bruciatore in condizioni nominali, alla potenza massima del focolare, [kW];

$\dot{W}_{br,min}$ è la potenza elettrica assorbita dal bruciatore alla potenza minima al focolare, in assenza di dati è possibile fare riferimento al Prospetto LVI, [kW].

8. Calcolare una nuova Φcn,avg:

$$\Phi_{cn,avg} = \frac{\frac{Q_{gn,out}}{t_{gn} \cdot N} + \frac{P_{gn,env}}{100} \cdot \Phi_{cn} - k_{br} \cdot \dot{W}_{br,avg}}{1 - \frac{P_{ch,on,avg}}{100}} \quad (281)$$

9. Ripetere i passi 6 e 7 e 8 fino a quando Φcn,avg converge.

10. Calcolare il fabbisogno di combustibile con:

$$Q_{gn,in} = \Phi_{cn,avg} \cdot t_{gn} \cdot N \quad (282)$$

11. Calcolare l'energia ausiliaria totale con:

$$W_{gn} = W_{br,avg} + W_{af} = \left(\dot{W}_{br,avg} + \dot{W}_{af}\right) \cdot t_{gn} \cdot N \quad (283)$$

12. Calcolare l'energia ausiliaria recuperata con:

$$Q_{gn,Aux,rvd} = Q_{br,avg} + Q_{af} = k_{br} \cdot W_{br,avg} + k_{af} \cdot W_{af} \quad (284)$$

13. Calcolare le perdite totali con:

$$Q_{gn,L} = Q_{gn,in} - Q_{H,g,out} + k_{br} \cdot W_{br,avg} + k_{af} \cdot W_{af} \quad (285)$$

E.9.8.3 Generatori a condensazione

Se il generatore opera a condensazione (è cioè un generatore a condensazione e le temperature di esercizio dell'impianto sono tali da consentire la condensazione del vapore d'acqua contenuto nei fumi), le perdite di tale generatore devono essere calcolate considerando una perdita termica percentuale al camino a bruciatore acceso modificata, cioè:

$$P^{*}_{ch,on} = P_{ch,on} - R = \left[P'_{ch,on} + 0{,}045 \cdot \left(\theta_{gn,av} - \theta_{gn,test}\right)\right] \cdot FC^{n} - R \quad (286)$$

dove:

P*ch,on è la perdita termica percentuale al camino a bruciatore acceso in condizioni di funzionamento a condensazione, [%];

Pch,on è la perdita termica percentuale al camino a bruciatore acceso, [%];

R è il fattore di recupero di condensazione, espresso come percentuale di Φcn e dato dalla (291), [%];

P'ch,on è la perdita termica percentuale nominale al camino a bruciatore acceso, [%];

ϑgn,av è la temperatura media dell'acqua nel generatore (media aritmetica di mandata e ritorno) in condizioni di funzionamento reali, [°C];

ϑgn,test è la temperatura media dell'acqua nel generatore in condizioni di test, pari a 70°C.

Determinazione semplificata di R

Il fattore di recupero di condensazione, in condizioni nominali, può essere determinato dalla conoscenza del rendimento termico utile del generatore nelle condizioni di funzionamento a condensazione, indicate dall'apice (C), e dalle perdite percentuali nominali, come:

$$R_N = \eta_{tu}^{(C)} + P_{ch,on}^{(D)} + P_{gn,env}^{(C)} - 100 \qquad (287)$$

dove:

Rn è il fattore di recupero di condensazione nominale, [%];

$\eta^{(C)}_{tu}$ è il rendimento termico utile del generatore nelle condizioni nominali di funzionamento a condensazione con potenza al focolare Φcn [%];

$P^{(D)}_{ch,on}$ indica le perdite percentuali al camino a bruciatore acceso nell'ipotesi di fumi secchi ma nelle condizioni nominali di funzionamento a condensazione (C), [%];

$P^{(C)}_{gn,env}$ indica la perdita termica percentuale al mantello, ricalcolata alla temperatura di test in condizioni di condensazione a partire dal valore nominale riferito alla temperatura ϑgn,test = 70°C, [%].

Le perdite percentuali alla temperatura di condensazione, se non dichiarate dal costruttore, si possono ricavare dalle seguenti correlazioni:

$$P_{ch,on}^{(D)} \approx P'_{ch,on} + 0{,}045 \cdot \left(\theta_{gn,test}^{(C)} - \theta_{gn,test}\right) \qquad (288)$$

$$P_{gn,env}^{(C)} \approx P'_{gn,env} \cdot \frac{\left(\theta_{gn,test}^{(C)} - \theta_{a,gn}\right)}{\left(\theta_{gn,test} - \theta_{a,test}\right)} \qquad (289)$$

dove:

$P^{(D)}_{ch,on}$ indica le perdite percentuali al camino a bruciatore acceso nell'ipotesi di fumi secchi ma nelle condizioni nominali di funzionamento a condensazione (C), [%];

$P^{(C)}_{gn,env}$ indica la perdita termica percentuale al mantello, ricalcolata alla temperatura di test in condizioni di condensazione a partire dal valore nominale riferito alla temperatura ϑgn,test = 70°C, [%].

P'ch,on è la perdita termica percentuale nominale al camino a bruciatore acceso, [%];

P'gn,env è la perdita termica percentuale nominale al mantello del generatore, [%];

ϑ(c)gn,test è la temperatura media dell'acqua nel generatore in condizioni di test, per cui è stato ricavato tu, [°C];

ϑgn,test è la temperatura media dell'acqua nel generatore in condizioni di test, pari a 70°C;

ϑagn è la temperatura dell'ambiente in cui è installato il generatore, [°C];

ϑa,test è la temperatura dell'ambiente nelle condizioni di test, pari a 20°C.

Il valore della temperatura media dell'acqua nel generatore in condizioni di test dipende dalle temperature di riferimento per il rendimento termico utile del generatore nelle condizioni di funzionamento a condensazione, η(c)tu:

se	$\eta_{tu}^{(C)}\Big\|_{30}^{40}$	allora	$\theta_{gn,test}^{(C)} = 35°C$
se	$\eta_{tu}^{(C)}\Big\|_{30}^{50}$	allora	$\theta_{gn,test}^{(C)} = 40°C$

Il fattore di recupero di condensazione nominale è vincolato alla condizione seguente:

se	$\left\|R_N\right\| > \frac{PCS - PCI}{PCI} \cdot 100$	allora	$R_N = \frac{PCS - PCI}{PCI} \cdot 100$	(290)

dove:

PCS è il potere calorifico superiore del combustibile (Prospetto LVII), [kcal/m3] o [kcal/kg];

PCI è il potere calorifico inferiore del combustibile (Prospetto LVII), [kcal/m3] o [kcal/kg].

I valori di riferimento per il potere calorifico superiore e inferiore dei combustibili sono riportati nel Prospetto LVII.

Tipologia di combustibile	PCI	PCS
Gas naturale	8.250 kcal/mc	9.158 kcal/mc
GPL	11.000 kcal/kg	11.987 kcal/kg
Gasolio	10.200 kcal/kg	10.812 kcal/kg
Olio combustibile	9.800 kcal/kg	10.427 kcal/kg

Biomasse	4.200 kcal/kg	4.600 kcal/kg

Prospetto LVII - Valori del potere calorifico superiore ed inferiore dei combustibili

(Fonte: Bilancio Energetico Nazionale e altre fonti)

Il fattore di recupero di condensazione, in condizioni di funzionamento reali, è determinato come:

$$R(\theta_{gn,av}) = R_N \cdot \left(1 - \min\left[1; \frac{\theta_{gn,av} - \theta^{(C)}_{gn,test}}{50 - \theta^{(C)}_{gn,test}}\right]\right) \quad (291)$$

dove:

RN è il fattore di recupero di condensazione nominale, [%];

ϑgnav è la temperatura media dell'acqua nel generatore (media aritmetica di mandata e ritorno) in condizioni di funzionamento reali, [°C];

ϑ(c)gn,test è la temperatura media dell'acqua nel generatore in condizioni di test, per cui è stato ricavato η(c)tu, [°C].

E.9.8.4 Generatori a condensazione multistadio o modulanti

Nel caso di caldaie a condensazione multistadio o modulanti, si utilizza la procedura di calcolo descritta al § E.9.8.2 sostituendo rispettivamente Pch,on, Pch,on,avg e Pch,on,min con:

P*ch,on= Pch,on-R

P ch,on,avg Pch,on,avg-Ravg

P ch,on,min Pch,on,min-Rmin

dove:

R è il fattore di recupero di condensazione, espresso come percentuale di Φcn e calcolato come illustrato nel § 9.8.2 (assumendo come valore nominale quello alla potenza massima), in funzione dell'effettiva temperatura media di esercizio del generatore;

Ravg è il fattore di recupero di condensazione alla potenza media, espresso come percentuale di Φcn,avg e calcolato come illustrato nel § E.9.8.2, del rendimento termico utile alla potenza Φcn,avg, della perdita percentuale ai fumi a bruciatore acceso, Pch,on,avg, e della perdita al mantello, Pgn,env, in funzione sia dell'effettiva temperatura media di esercizio del generatore, sia del fattore di carico espresso dal rapporto

$$FC_{avg} = \frac{\Phi_{cn,avg}}{\Phi_{cn}}, [\%];$$

Rmin è il fattore di recupero di condensazione alla potenza minima, espresso come percentuale di Φcn,min e calcolato come illustrato nel § E.9.8.2 utilizzando nella (287) il rendimento termico utile alla potenza Φcn,min, la perdita percentuale ai fumi a bruciatore acceso, Pch,on,min, e la perdita al mantello, Pgn,env, in funzione sia dell'effettiva temperatura media di esercizio del generatore, sia del fattore di carico espresso dal rapporto

$$FC_{min} = \frac{\Phi_{cn,min}}{\Phi_{cn}} \ , [\%].$$

Il rendimento alla potenza intermedia, per la determinazione di Ravg, si calcola per interpolazione lineare tra il rendimento alla potenza minima e il rendimento alla potenza massima.

E.9.8.5 Generatori a combustione di biomassa

Per i generatori che utilizzano la combustione di biomasse, la determinazione dell'energia richiesta e delle perdite di generazione viene effettuata come ai paragrafi precedenti, tenendo conto che il vettore energetico utilizzato è una fonte rinnovabile.

E. 9.8.6 Generatori ad aria calda

Nel caso di sistemi di generazione ad aria calda, le perdite di processo del generatore sono quantificate dalla:

$$Q_{gn,ls} = \left(\frac{1}{\eta_{gH}} - 1 \right) \cdot Q_{gn,out} \qquad (292)$$

dove

dove:

Q gn,ls è la perdita termica di processo del sottosistema di generazione, [kWh];

η gH è il rendimento termico utile del generatore ad aria calda, in assenza di dati forniti dal costruttore si fa riferimento al Prospetto LVIII;

Q gn,out è l'energia termica prodotta dal generatore ad aria calda, [kWh].

Analogamente, l'energia richiesta in ingresso al generatore (energia del combustibile) è data da:

$$Q_{gn,in} = \frac{Q_{gn,out}}{\eta_{gH}} \qquad (293)$$

Tipo di miscelatore	Valore di base η_{gH}	riduzione per l'installazione all'esterno

Generatori di aria calda a gas o gasolio con bruciatori ad aria soffiata o premiscelato, funzionamento on-off	90	3
Generatori di aria calda a gas a camera stagna con ventilatore nel circuito di combustione di tipo B o C, funzionamento on-off	90	3
Generatori di aria calda a gas o gasolio con bruciatori ad aria soffiata o premiscelato, funzionamento bistadio o modulante	93	2
Generatori di aria calda a gas a camera stagna con ventilatore nel circuito di combustione di tipo B o C, bistadio o modulazione aria-gas	93	2
Generatori di aria calda a gas a condensazione regolazione modulante aria-gas	100	1

Prospetto LVIII - Rendimenti convenzionali per generatori ad aria calda, tgH

(Fonte: UNI TS 11300-2:2008)

L'energia elettrica assorbita dalla/e pompe e/o ventilatori del generatore di calore ad aria calda, Wgn, si calcola come:

$$W_{gn} = FC_{tu} \cdot t_{gn} \cdot N \cdot \sum_{i=1}^{n} \dot{W}_{aux,i} \qquad (294)$$

dove:

Wgn è l'energia elettrica assorbita dalla/e pompe e/o ventilatori del generatore di calore ad aria calda, [kWh];

$\dot{W}_{aux,i}$ è la potenza nominale dell'ausiliario i-esimo della pompa di calore, [kW];

FCtu è il fattore di carico termico utile del generatore (campo di validità 0-1) così come definito al § E.9.6.3;

tgn è il tempo totale di funzionamento del generatore (tempo di attivazione), assunto pari a 24 h/giorno;

N è il numero dei giorni del mese considerato.

E.9 Riscaldamento invernale: energia termica richiesta al sistema di generazione e energia elettrica assorbita dagli ausiliari - E.9.9 Bilancio energetico per sistemi di cogenerazione

E.9.9 Bilancio energetico per sistemi di cogenerazione

Il bilancio energetico del sistema di cogenerazione è dato da:

$$Q_{gn,in} + W_{aux} = Q_{gn,out} + Q_{gn,L} + W_{gen} \quad (295)$$

dove:

Waux è l'energia elettrica assorbita dagli ausiliari del sistema di cogenerazione, [kWh];

Qgn,out è l'energia termica richiesta al cogeneratore, [kWh];

QgnL è la perdita termica complessiva del cogeneratore, [kWh];

Wgen è l'energia elettrica prodotta dal cogeneratore, [kWh].

L'energia elettrica netta che viene prodotta dal generatore è:

$$W_{gn,out} = W_{gen} - W_{aux} \quad (296)$$

da cui il bilancio energetico diventa:

$$Q_{gn,in} = Q_{gn,out} + Q_{gn,L} + W_{gn,out} \quad (297)$$

Introducendo il rendimento termico e il rendimento elettrico medio mensile, $\overline{\eta}_{te}$ $\overline{\eta}_{e}$, definiti come:

$$\overline{\eta}_t = \frac{Q_{gn,out}}{Q_{gn,in}} \quad \text{e} \quad \overline{\eta}_e = \frac{W_{gn,out}}{Q_{gn,in}} \quad (298)$$

dal bilancio termico si ricavano le perdite complessive come:

$$Q_{gn,L} = \left(\frac{1}{\overline{\eta}_t} - 1 - \frac{\overline{\eta}_e}{\overline{\eta}_t} \right) \cdot Q_{gn,out} \quad (299)$$

L'energia in ingresso al sistema di cogenerazione si calcola direttamente con:

$$Q_{gn,in} = \frac{Q_{gn,out}}{\overline{\eta}_t} \qquad (300)$$

mentre l'energia elettrica netta prodotta si calcola come:

$$W_{gn,out} = \overline{\eta}_e \cdot Q_{gn,in} \qquad (301)$$

In assenza di informazioni dettagliate, in sostituzione dei rendimenti medi mensili, mese per mese, si assumono i rendimenti nominali.

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/36

E.9 Riscaldamento invernale: energia termica richiesta al sistema di generazione e energia elettrica assorbita dagli ausiliari - E.9.10 Bilancio energetico per sistemi di teleriscaldamento

E.9.10 Bilancio energetico per sistemi di teleriscaldamento

Il fabbisogno di energia richiesto nel periodo di riscaldamento alla rete di teleriscaldamento è dato da:

$$Q_{gn,in} = Q_{gn,out} + Q_{gn,L} \qquad (302)$$

dove:

Qgn,in è la quantità di energia termica in entrata alla sottostazione di scambio, [kWh];

Qgn,out è la quantità di energia termica in uscita dalla sottostazione di scambio e fornita al sottosistema di distribuzione dell'impianto, [kWh];

QgnL è la quantità di energia termica dispersa in ambiente dalla sottostazione di scambio, [kWh].

La quantità di energia termica in entrata alla sottostazione di scambio, Qgn,in, viene calcolata secondo la procedura definita al § E.9.6.1 o al § E.9.6.2.

Il calcolo delle perdite della sottostazione di scambio viene determinato con la seguente espressione:

$$Q_{gn,L} = \Phi_{ss} \cdot \frac{P_{ss,env}}{100} \cdot FC_{tu} \cdot t_{ss} \cdot N \qquad (303)$$

dove:

QgnL è la quantità di energia termica dispersa in ambiente dalla sottostazione di scambio, [kWh];

Φss è la potenza termica nominale della sottostazione, [kW];

Pss,env è la percentuale di potenza termica persa dalla sottostazione di scambio nelle condizioni di esercizio calcolata secondo la (304), [%];

tss è il tempo di attivazione dell'impianto, assunto pari a 24 h/giorno;

FCtu è il fattore di carico termico utile della sottostazione, così come definito al § E.9.6.3;

N è il numero dei giorni del mese.

La percentuale di potenza termica persa dalla sottostazione è fornita dalla seguente espressione:

$$P_{ss,env} = P'_{ss,env} \cdot \frac{\left(\theta_{ss,w,avg} - \theta_{a,ss}\right)}{\left(\theta_{ss,w,rif} - \theta_{a,test}\right)} \qquad (304)$$

dove:

ϑss,w,avg è la temperatura media del fluido nella sottostazione, [°C];

ϑa,ss è la temperatura dell'ambiente ove è installata la sottostazione (Prospetto LX), [°C];

ϑss,w,rif è la temperatura media di riferimento del fluido termovettore nella sottostazione (Prospetto LIX), [°C];

ϑa,test è la temperatura dell'ambiente nelle condizioni di test, pari a 20°C;

e con:

$$P'_{ss,env} = C_2 - C_3 \cdot \log \Phi_{ss} \qquad (305)$$

dove:

C2 è un coefficiente assunto pari a 2,24;

C3 è un coefficiente assunto pari a 0,57;

Φss è la potenza termica nominale della sottostazione, [kW].

Nel caso in cui il fornitore della sottostazione dichiari il fattore di perdita della sottostazione, kss, la quantità di energia termica dispersa in ambiente dalla sottostazione si calcola come segue:

$$Q_{gn,L} = k_{ss} \cdot \frac{\left(\theta_{ss,w,avg} - \theta_{a,ss}\right)}{1000} \cdot t_{ss} \cdot FC_{tu} \cdot N \qquad (306)$$

dove:

QgnL è la quantità di energia termica dispersa in ambiente dalla sottostazione di scambio, [kWh];

Kss è il fattore di perdita della sottostazione, [W/K];

ϑss,w,avg è la temperatura media del fluido nella sottostazione, [°C];

ϑa,ss è la temperatura dell'ambiente ove è installata la sottostazione, (Prospetto LX), [°C];

tss è il tempo di attivazione dell'impianto, assunto pari a 24 h/giorno;

FCtu è il fattore di carico termico utile della sottostazione, così come definito al § E.9.6.3;

N è il numero dei giorni del mese considerato.

Temperature di riferimento [°C]	
Temperatura media di riferimento del fluido termovettore nella sottostazione ϑss,w,rif [°C]	85

Prospetto LIX - Valori di riferimento per la temperatura del fluido termovettore

(Fonte: pr UNI TS 11300-4)

Ubicazione della sottostazione	ϑa,test [°C]	ϑa,ss [°C]
In centrale termica	20	15
All'esterno	20	ϑe

Prospetto LX - Temperature del locale ospitante la sottostazione

(Fonte: pr UNI TS 11300-4)

L'energia elettrica assorbita dagli ausiliari viene considerata nulla:

$$W_{gn} = 0 \qquad (307)$$

E.9 Riscaldamento invernale: energia termica richiesta al sistema di generazione e energia elettrica assorbita dagli ausiliari - E.9.11 Bilancio energetico per pompe di calore elettriche e ad assorbimento

E.9.11 Bilancio energetico per pompe di calore elettriche e ad assorbimento

Il bilancio energetico per una pompa di calore, indipendentemente dal vettore energetico impiegato per il suo funzionamento e dalla tipologia di sorgente fredda utilizzata, è dato da:

$$Q_{gn,in} = Q_{gn,out} + Q_{gn,ls} - \left(Q_{gn,amb} + k_g \cdot W_{gn}\right) \quad (308)$$

dove:

Qgnin è la quantità di energia chimica del combustibile, termica o elettrica in ingresso alla specifica pompa di calore impiegata, [kWh];

Qgn,amb è la quantità di energia termica estratta dalla sorgente fredda, [kWh];

Qgn,out è la quantità di energia termica in uscita dalla pompa di calore, [kWh];

Qgn,ls è la perdita termica di processo della pompa di calore, [kWh];

kg è la frazione recuperata dell'energia elettrica assorbita dagli ausiliari della pompa di calore, assunta pari a 0,8;

Wgn è l'energia elettrica assorbita dagli ausiliari della pompa di calore, [kWh].

Nell'ipotesi che la quota recuperabile dell'energia elettrica degli ausiliari (pompe o ventilatori) concorra solo a ridurre la quantità di energia termica estratta della sorgente fredda, qualsiasi essa sia, si ha che l'energia richiesta in ingresso alla pompa di calore sia calcolabile come:

- se è alimentata termicamente (cioè da un fluido termovettore caldo) o direttamente con combustibile:

$$Q_{gn,in} = \frac{Q_{gn,out}}{COP} \quad (309)$$

$$W_{gn,in} = 0 \quad (310)$$

- se è alimentata elettricamente:

$$Q_{gn,in} = 0 \quad (311)$$

$$W_{gn,in} = \frac{Q_{gn,out}}{\overline{COP}} \qquad (312)$$

dove:

$\overline{COP}$ è il coefficiente di prestazione medio mensile della pompa di calore.

Il valore del coefficiente di prestazione medio mensile viene calcolato come:

- nel caso di pompe di calore del tipo salamoia-acqua (scambiatori nel terreno-acqua) e acqua-acqua o acqua-aria viene assunto pari a quello dichiarato dal costruttore con riferimento alle temperature di esercizio dell'impianto termico a cui la pompa di calore è asservita; cioè per temperature di ingresso e/o uscita del fluido termovettore sia dal condensatore che dall'evaporatore correttamente specificate e consistenti con quelle di funzionamento dell'impianto:

$$\overline{COP} = COP_N\left(\theta_{C,in}, \theta_{C,out}, \theta_{E,in}, \theta_{E,out}\right) \qquad (313)$$

dove:

COPn è il valore nominale (potenza massima) della pompa di calore alle assegnate temperature;

ϑC,in è la temperatura del fluido termovettore in ingresso al condensatore, [°C];

ϑC,out è la temperatura del fluido termovettore in uscita dal condensatore, [°C];

ϑE,in è la temperatura del fluido termovettore in ingresso all'evaporatore, [°C];

ϑE,out è la temperatura del fluido termovettore in uscita dall'evaporatore, [°C];

- nel caso di sistemi del tipo aria-acqua o aria-aria, il coefficiente di prestazione viene calcolato, a partire da un valore di riferimento, selezionato in funzione delle temperature di ingresso e/o uscita dal condensatore consistenti con quelle previste per il funzionamento dell'impianto termico, COPN, come descritto al punto precedente con la (313), mediante l'equazione:

$$\overline{COP} = COP_N\left(\theta_{C,in}, \theta_{C,out}, \theta_R, \theta_{E,out}\right) \cdot \frac{\theta_e + 20}{\theta_R + 20} \cdot \frac{\theta_R + 80}{\theta_e + 80} \qquad (314)$$

dove:

COPn è il valore nominale (potenza massima) della pompa di calore alle assegnate temperature di ingresso e/o uscita del condensatore e dell'evaporatore;

ϑe è la temperatura media mensile dell'ambiente esterno, [°C];

ϑr è la temperatura del fluido termovettore in ingresso all'evaporatore per la quale è stato valutato il COPn, [°C].

L'energia elettrica assorbita dalla/e pompe e/o ventilatori della pompa di calore, supposti agenti solo sul lato dell'evaporatore (sorgente fredda), Wgn, si calcola come:

$$W_{gn} = FC_{tu} \cdot t_{gn} \cdot N \cdot \sum_{i=1}^{n} \dot{W}_{aux,i} \qquad (315)$$

dove:

$\dot{W}_{aux,i}$ è la potenza nominale dell'ausiliario i-esimo della pompa di calore, [kW];

FCtu è il fattore di carico termico utile del generatore (campo di validità 0-1), così come definito al § E.9.6.3;

tgn è il tempo totale di funzionamento del generatore (tempo di attivazione), assunto pari a 24 h/giorno;

N è il numero dei giorni del mese considerato.

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/38

E.9 Riscaldamento invernale: energia termica richiesta al sistema di generazione e energia elettrica assorbita dagli ausiliari - E.9.12 Energia richiesta dai sottosistemi di generazione di energia termica

E.9.12 Energia richiesta dai sottosistemi di generazione di energia termica

L'energia richiesta dai sottosistemi di generazione di energia termica, distinta per singolo vettore energetico, si calcola per ogni generico servizio x (riscaldamento e raffrescamento, sia con generazione integrata che separata), in funzione delle diverse tipologie di generatore utilizzato, come segue:

$$E_{x,f,g,in} = \sum_{k=1}^{N_{g,f}} Q_{gn,in,k}$$

$$E_{x,rf,g,in} = \sum_{k=1}^{N_{g,rf}} Q_{gn,in,k}$$

$$E_{x,el,g,in} = \sum_{k=1}^{N_{g,el}} W_{gn,in,k}$$

$$W_{x,g} = \sum_{k=1}^{N_{g,r}+N_{g,fl}+N_{g,el}} W_{gn,k} \qquad (316)$$

dove:

Qgn,in,k è l'energia non elettrica richiesta in ingresso dal generico k-esimo generatore termico, [kWh];

Wgn,in,k è l'energia elettrica richiesta in ingresso dal generico k-esimo generatore termico, [kWh];

Wgn,k è l'energia elettrica richiesta dagli ausiliari del k-esimo generatore termico, [kWh];

Ng,f è il numero di generatori utilizzanti combustibili fossili (gas, olio combustibile, ecc.);

Ng,rf è il numero di generatori utilizzanti combustibili da fonti rinnovabili (biogas, biomasse, ecc.);

Ng,el è il numero di generatori utilizzanti energia elettrica.

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/39

E.10 Contributi dovuti alle fonti energetiche rinnovabili - E.10.1 Solare termico ad integrazione del riscaldamento ambienti e/o produzione di ACS - E.10.1.1 Energia prodotta dall'impianto solare termico

E.10 CONTRIBUTI DOVUTI ALLE FONTI ENERGETICHE RINNOVABILI

E.10.1 Solare termico ad integrazione del riscaldamento ambienti e/o produzione di ACS

E.10.1.1 Energia prodotta dall'impianto solare termico

Il fabbisogno applicato all'impianto solare termico dipende dalla tipologia dell'impianto: impianto di preriscaldamento solare o a sola energia solare ovvero impianto di riscaldamento ad energia solare con riscaldatore ausiliario. Per poter apportare alcune semplificazioni nella procedura di calcolo si fanno le seguenti ipotesi:

- il fabbisogno da applicare all'impianto solare termico è dato dalla somma del fabbisogno necessario alla produzione di acqua calda sanitaria e delle perdite di distribuzione;

- in un impianto di preriscaldamento solare, le perdite di calore tra l'impianto di riscaldamento ad energia solare e il riscaldatore ausiliario non devono essere sommate al fabbisogno applicato;

- le perdite di calore dell'impianto solare termico (perdite tra l'accumulo solare ed i collettori) non devono essere sommate al fabbisogno applicato;

- il riscaldatore ausiliario, ove presente, non compensa le perdite di distribuzione dell'acqua calda sanitaria.

Ai fini del calcolo dell'energia prodotta, la superficie di apertura del campo solare dei collettori viene suddivisa in due parti: una relativa al solo riscaldamento, proporzionale alla quantità riportata in (317), e una relativa alla sola produzione di ACS e proporzionale alla quantità riportata in (318).

$$P_H = \frac{Q^*_{NH,s,adj}}{Q^*_{NH,s,adj} + Q_{DHW}} \quad (317)$$

$$P_W = \frac{Q_{DHW}}{Q^*_{NH,s,adj} + Q_{DHW}} \quad (318)$$

dove:

L'energia termica complessivamente prodotta tramite il riscaldamento di un fluido termovettore dal sottosistema di generazione solare è data da:

$$Q_{HS,g,out,yr} = \sum_m \left(Q_{HS,g,out,H,m} + Q_{HS,g,out,W,m}\right) \quad (319)$$

dove:

HS,g,out,yr è l'energia termica complessivamente prodotta tramite il riscaldamento di un fluido termovettore dal sottosistema di generazione solare, [kWh];

HS,g,out,H,m è il contributo energetico mensile dovuto agli impianti solari termici a riduzione dell'energia termica prodotta dal sistema di generazione asservito al riscaldamento ambientale, [kWh];

QHS,g,out,W,m è il contributo energetico mensile dovuto agli impianti solari termici a riduzione dell'energia termica prodotta dal sistema di generazione asservito alla produzione di acqua calda sanitaria, [kWh].

$$Q_{HS,g,out,H} = Q^*_{HS,g,out,H} - Q_{HS,g,ls,H} + k_{HS,d} \cdot W_{GS,in,H} \quad (320)$$

$$Q_{HS,g,out,W} = Q^*_{HS,g,out,W} - Q_{HS,g,ls,W} + k_{HS,d} \cdot W_{GS,in,W} \quad (321)$$

QH,s,g,out,H è il contributo energetico dovuto agli impianti solari termici a riduzione dell'energia termica prodotta dal sistema di generazione asservito al riscaldamento ambientale, [kWh];

Q*HS,g,out,H è il contributo energetico dovuto agli impianti solari termici, al netto delle perdite e dei recuperi, a riduzione dell'energia termica prodotta dal sistema di generazione asservito al riscaldamento ambientale, [kWh];

QHS,g,ls,H è la perdita del sottosistema di generazione solare asservito al riscaldamento ambientale, definito dalla (352), [kWh];

WGGS,in,H è il fabbisogno di energia elettrica assorbita dai circolatori dell'impianto solare termico asservito al riscaldamento ambientale, [kWh];

QHS,g,ls,W è la perdita del sottosistema di generazione solare asservito alla produzione di acqua calda sanitaria, definito dalla (353), [kWh];

W GS,in,W è il fabbisogno di energia elettrica assorbita dai circolatori dell'impianto solare termico asservito alla produzione di acqua calda sanitaria, [kWh];

kHS,d è la frazione recuperata direttamente dal fluido termovettore dell'energia elettrica assorbita dai circolatori, ove presenti, assunta pari a 0,5.

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/40

E.10 Contributi dovuti alle fonti energetiche rinnovabili - E.10.1 Solare termico ad integrazione del riscaldamento ambienti e/o produzione di ACS - E.10.1.2 Contributo energetico dovuto agli impianti solari termici

E.10.1.2 Contributo energetico dovuto agli impianti solari termici

L'energia prodotta da un impianto di riscaldamento ad energia solare, al netto delle perdite e dei recuperi, è calcolata con la seguente relazione:

$$Q^*_{HS,g,out,H} = (aY_H + bX_H + cY_H^2 + dX_H^2 + eY_H^3 + fX_H^3) \cdot Q^*_{NH,s,adj} \quad (322)$$

$$Q^*_{HS,g,out,W} = (aY_W + bX + cY_W^2 + dX_W^2 + eY_W^3 + fX_W^3) \cdot Q_{DHW} \quad (323)$$

dove:

Q*NH,s,adj è il fabbisogno netto di energia termica sensibile corretto per il riscaldamento o la climatizzazione invernale della zona termica i-esima coperto dalla tipologia d'impianto j-esima, [kWh];

Qdhw è il fabbisogno di energia termica per la produzione di acqua calda sanitaria, [kWh];

a, b, c, d,e sono coefficienti di correlazione (Prospetto LXI);

f è il coefficiente di correlazione che tiene conto del caso in cui l'impianto solare termico riscaldi direttamente un sistema a pannelli radianti a pavimento (Prospetto LXI);

X, Y sono fattori adimensionali definiti rispettivamente al §E. 10.1.3 e al § E. 10.1.4.

Coefficienti di correlazione	Tipologia impianto di riscaldamento ad energia solare	
	Accumulo ad acqua: il campo solare è collegatoad un accumulo	Accumulo ad acqua: il campo solare è direttamentecollegato all'impianto a pavimento che si

		comporta sia come accumulo che come scambiatore di calore
a	1,029	0,863
b	-0,065	-0,147
c	-0,245	-0,263
d	0,0018	0,008
e	0,0215	0,029
f	0	0,025

Prospetto LXI - Coefficienti di correlazione da applicare per il calcolo del contributo energetico mensile dovuto all'impianto solare termico.

(Fonte: pr UNI TS 11300-4)

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/41

E.10 Contributi dovuti alle fonti energetiche rinnovabili - E.10.1 Solare termico ad integrazione del riscaldamento ambienti e/o produzione di ACS - E.10.1.3 Determinazione del coefficiente X

E.10.1.3 Determinazione del coefficiente X

Il valore del fattore adimensionale X è determinato dalla seguente relazione:

$$X_H = \frac{A_{ST} \cdot P_H \cdot U_{loop,H} \cdot \eta_{loop} \cdot \left(\theta_{ST,r} - \theta_e\right) \cdot F_{ST,H}}{Q^*_{NH,s,adj}} \cdot \Delta t \qquad (324)$$

$$X_W = \frac{A_{ST} \cdot P_W \cdot U_{loop,H} \cdot \eta_{loop} \cdot (\theta_{ST,r} - \theta_e) \cdot F_{ST,W}}{Q_{DHW}} \cdot \Delta t \quad (325)$$

dove:

AST è la superficie di apertura del campo solare in accordo con la norma EN 12975-2, [m2];

PH è il coefficiente di ripartizione della superficie di apertura del campo solare in riferimento al servizio di riscaldamento, definito dalla (317);

PW è il coefficiente di ripartizione della superficie di apertura del campo solare in riferimento al servizio di produzione di acqua calda sanitaria, definito dalla (318);

Uloop,H è il coefficiente di perdita energetica del circuito del collettore in riferimento al servizio di riscaldamento, si veda la (326), [W/m2K];

Uloop,W è il coefficiente di perdita energetica del circuito del collettore in riferimento al servizio di produzione di acqua calda sanitaria, si veda la (327), [W/m2K];

ηloop è l'efficienza del circuito comprendente collettori, circolatore, tubazioni e scambiatore di calore, assunto, in assenza di dati di progetto, pari a 0,8;

ϑST,r è la temperatura di riferimento che varia a seconda dell'uso e del tipo di accumulo utilizzato dal sistema, si veda § E.10.1.3.3, [°C];

ϑe è il valore medio mensile della temperatura media giornaliera esterna, si veda § E.6.3.7.1, [°C];

FST,H è il coefficiente di correzione della capacità dell'accumulo, in riferimento al servizio di riscaldamento, si veda §E. 10.1.3.2;

Fst,w è il coefficiente di correzione della capacità dell'accumulo, in riferimento al servizio di produzione acqua calda sanitaria, si veda §E. 10.1.3.2;

Δt è la durata del mese considerato (si veda la (17)), [kh];

Q*NH,s,adj è il fabbisogno di energia termica sensibile netto corretto per il riscaldamento o la climatizzazione invernale della zona termica i-esima coperto dalla tipologia d'impianto j-esima, [kWh];

Qdhw è il fabbisogno di energia termica per la produzione di acqua calda sanitaria applicato all'impianto solare termico, [kWh].

E.10.1.3.1 Calcolo del coefficiente di perdita di energia del circuito del collettore

Il coefficiente di perdita di energia del circuito del collettore (collettori e tubazioni) dipende dalle caratteristiche del collettore e dall'entità dell'isolamento delle tubazioni ed è data da:

$$U_{loop,H} = a_1 + 40 \cdot a_2 + \frac{U_{loop,p,H}}{A_{ST} \cdot P_H} \quad (326)$$

$$U_{loop,W} = a_1 + 40 \cdot a_2 + \frac{U_{loop,p,W}}{A_{ST} \cdot P_W} \qquad (327)$$

a1 è il coefficiente di perdita globale del collettore solare del primo ordine, (Prospetto LXII), [W/m2K];

a2 è il coefficiente di perdita globale del collettore solare del secondo ordine, (Prospetto LXII), [W/m2K2];

Uloop,p,H è il coefficiente globale di perdita di calore delle tubazioni nel circuito comprendente collettori, tubazioni tra collettori e le tubazioni tra i collettori ed il sistema di accumulo, in riferimento al servizio di riscaldamento, [W/K];

Uloop,p,W è il coefficiente globale di perdita di calore delle tubazioni nel circuito comprendente collettori, tubazioni tra collettori e le tubazioni tra i collettori ed il sistema di accumulo, in riferimento al servizio di produzione di acqua calda sanitaria, [W/K];

AST è la superficie di apertura del campo solare in accordo con EN 12975-2, [m2];

PH è il coefficiente di ripartizione della superficie di apertura del campo solare in riferimento al servizio di riscaldamento, definito dalla (317);

PW è il coefficiente di ripartizione della superficie di apertura del campo solare in riferimento al servizio di produzione di acqua calda sanitaria, definito dalla (318).

Tipologia del collettore	η_0	a1 [W/m2K]	a2 [W/m2K2]	IAM
Collettori a tubi sottovuoto con assorbitore piano	0,90	1,8	0,008	0,97
Collettori a tubi sottovuoto con assorbitore circolare	0,90	1,8	0,008	1,00
Collettori piani vetrati	0,78	3,5	0,015	0,94
Collettori non vetrati	0,76	15	0	1,00

Prospetto LXII - Caratteristiche di collettori solari tipici

(Fonte: pr UNI TS 11300-4 ed ESTIF)

I coefficienti globali di perdita di energia in riferimento al servizio di riscaldamento, Uloop,p,H, e in riferimento servizio di produzione acqua calda sanitaria, Uloop,p,W, sono dati rispettivamente da:

$$U_{loop,p,H} = 5 + 0.5 \cdot A_{ST} \cdot P_H \quad (328)$$

$$U_{loop,p,W} = 5 + 0.5 \cdot A_{ST} \cdot P_W \quad (329)$$

Uloop,p,H è il coefficiente globale di perdita di calore delle tubazioni nel circuito comprendente collettori, tubazioni tra collettori e le tubazioni tra i collettori ed il sistema di accumulo, in riferimento al servizio di riscaldamento, [W/K];

Uloop,p,W è il coefficiente globale di perdita di calore delle tubazioni nel circuito comprendente collettori, tubazioni tra collettori e le tubazioni tra i collettori ed il sistema di accumulo, in riferimento al servizio di produzione acqua calda sanitaria, [W/K];

AST è la superficie di apertura del campo solare in accordo con EN 12975-2, [m2];

PH è il coefficiente di ripartizione della superficie di apertura del campo solare in riferimento al servizio di riscaldamento, definito dalla (317);

PW è il coefficiente di ripartizione della superficie di apertura del campo solare in riferimento al servizio di produzione acqua calda sanitaria, definito dalla (318).

E. 10.1.3.2 Calcolo del coefficiente di correzione della capacità di accumulo

Il coefficiente di correzione della capacità dell'accumulo è dato da:

$$F_{ST,H} = \left(\frac{V_r \cdot A_{ST} \cdot P_H}{V_{ST,H}} \right)^{0.25} \quad (330)$$

$$F_{ST,W} = \left(\frac{V_r \cdot A_{ST} \cdot P_W}{V_{ST,W}} \right)^{0.25} \quad (331)$$

dove:

FST,H è il coefficiente di correzione della capacità dell'accumulo, in riferimento al servizio di riscaldamento;

Fst,w è il coefficiente di correzione della capacità dell'accumulo, in riferimento al servizio di produzione acqua calda sanitaria;

Vr è la capacità di riferimento pari a 75 l/m2 di superficie di apertura del collettore solare, [l/m2];

AST è la superficie di apertura del campo solare in accordo con EN 12975-2, [m2];

Ph è il coefficiente di ripartizione della superficie di apertura del campo solare in riferimento al servizio di riscaldamento, definito dalla (317);

Vst,h è la capacità dell'accumulo solare, in riferimento al servizio di riscaldamento, [l];

PW è il coefficiente di ripartizione della superficie di apertura del campo solare in riferimento al servizio di produzione acqua calda sanitaria, definito dalla (318);

Vst,w è la capacità dell'accumulo solare, in riferimento al servizio di produzione di acqua calda sanitaria, [l].

Nel caso di impianti a preriscaldamento solare la capacità dell'accumulo solare coincide con il valore nominale, nel caso invece in cui sia presente un riscaldatore ausiliario la capacità dell'accumulo è data da:

$$V_{ST,H} = V_{nom} \cdot P_H \cdot \left(1 - F_{aux}\right) \quad (332)$$

$$V_{ST,W} = V_{nom} \cdot P_W \cdot \left(1 - F_{aux}\right) \quad (333)$$

dove:

Vst,h è la capacità dell'accumulo solare, in riferimento al servizio di riscaldamento, [l];

Vst,w è la capacità dell'accumulo solare, in riferimento al servizio di produzione acqua calda sanitaria, [l];

Vnom è la capacità nominale di accumulo, [l];

Faux è la frazione del volume di accumulo usata per l'integrazione assunta pari a 0,50 nel caso di accumulo ad asse verticale oppure a 0,66 nel caso di accumulo ad asse orizzontale;

Ph è il coefficiente di ripartizione della superficie di apertura del campo solare in riferimento al servizio di riscaldamento, definito dalla (317);

PW è il coefficiente di ripartizione della superficie di apertura del campo solare in riferimento al servizio di produzione acqua calda sanitaria, definito dalla (318).

E. 10.1.3.3 Determinazione della temperatura di riferimento ϑST,r:

La temperatura di riferimento è data da:

$$\theta_{ST,r} = 11.6 + 1.18 \cdot \theta_f + 3.86 \cdot \theta_{cw} - 2.32 \cdot \theta_e \quad (334)$$

dove:

ϑf è la temperatura di utilizzo dell'acqua calda sanitaria (Prospetto XXX), [°C];

ϑcw è la temperatura dell'acqua fredda all'ingresso nell'accumulo, (Prospetto XXX), [°C];

ϑe è il valore medio mensile della temperatura media giornaliera esterna, si veda § E.6.3.7.1, [°C].

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/42

E.10 Contributi dovuti alle fonti energetiche rinnovabili - E.10.1 Solare termico ad integrazione del riscaldamento ambienti e/o produzione di ACS - E.10.1.4 Determinazione del coefficiente Y - [Parte Prima]

E.10.1.4 Determinazione del coefficiente Y

Il valore del fattore adimensionale Y è dato dalla:

$$Y_H = \frac{A_{ST} \cdot P_H \cdot IAM \cdot \eta_0 \cdot \eta_{loop} \cdot H_{ST}}{Q^*_{NH,s,adj}} \quad (335)$$

$$Y_W = \frac{A_{ST} \cdot P_W \cdot IAM \cdot \eta_0 \cdot \eta_{loop} \cdot H_{ST}}{Q_{DHW}} \quad (336)$$

dove:

AST è la superficie di apertura del campo solare, in accordo con la norma EN 12975-2, [m2];

PH è il coefficiente di ripartizione della superficie di apertura del campo solare in riferimento al servizio di riscaldamento, definito dalla (317);

PW è il coefficiente di ripartizione della superficie di apertura del campo solare in riferimento al servizio di produzione acqua calda sanitaria, definito dalla (318);

IAM è il coefficiente di modifica dell'angolo di incidenza; in assenza di dati noti si utilizzano i valori definiti nel Prospetto LXII;

η_0 è l'efficienza del collettore a perdite nulle, in assenza di dati forniti dal costruttore si utilizzano i valori definiti al Prospetto LXII;

η_{loop} è l'efficienza del circuito comprendente collettori, circolatore, tubazioni e scambiatore di calore, assunto in assenza di dati di progetto pari a 0,8;

HST è la radiazione solare incidente sul collettore solare in base all'inclinazione e all'azimut del pannello stesso (Prospetto LXIII), [kWh/m2];

Q*NH,s,afj è il fabbisogno di energia termica sensibile netto corretto per il riscaldamento o la climatizzazione invernale della zona termica i-esima coperto dalla tipologia d'impianto j-esima, [kWh];

QDHW è il fabbisogno di energia termica per la produzione di acqua calda sanitaria applicato all'impianto solare termico, [kWh].

Inclinazione	0°	Esposizione	Orizzontale	Irradiazione solare kWh/m2									
MESE		Bergamo	Brescia	Como	Cremona	Lecco	Lodi	Mantova	Milano	Pavia	Sondrio	Varese
GENNAIO		36,17	39,61	39,61	33,58	40,47	31,86	32,72	32,72	31,86	47,36	43,06
FEBBRAIO		53,67	60,67	52,89	52,89	54,44	51,33	51,33	52,11	50,56	69,22	56,78
MARZO		97,31	106,78	95,58	99,03	98,17	97,31	95,58	99,89	95,58	122,28	98,17
APRILE		130,00	134,17	130,00	140,00	131,67	136,67	135,00	137,50	135,83	148,33	128,33
MAGGIO		164,47	175,67	155,86	176,53	158,44	172,22	172,22	172,22	173,08	184,28	164,47
GIUGNO		171,67	187,50	170,83	198,33	172,50	191,67	195,83	185,00	197,50	188,33	170,83
LUGLIO		192,89	210,11	190,31	215,28	190,31	210,97	212,69	206,67	213,56	192,89	189,44
AGOSTO		161,89	173,94	155,00	173,94	156,72	168,78	170,50	167,06	171,36	173,08	156,72
SETTEMBRE		116,67	122,50	109,17	119,17	111,67	115,00	115,00	116,67	114,17	132,50	114,17
OTTOBRE		78,36	79,22	77,50	72,33	78,36	70,61	69,75	72,33	68,89	86,97	77,50
NOVEMBRE		39,17	44,17	40,83	37,50	42,50	36,67	36,67	36,67	35,83	55,83	46,67
DICEMBRE		33,58	39,61	39,61	28,42	35,31	27,56	28,42	28,42	27,56	40,47	40,47
ANNUALE		1371,37	1275,85	1252,02	1347,00	1270,56	1310,65	1315,71	1307,26	1315,78	1441,54	1286,61

Inclinazione	10°	Esposizione	Sud	Irradiazione solare kWh/m2

MESE	Bergamo	Brescia	Como	Cremona	Lecco	Lodi	Mantova	Milano	Pavia	Sondrio	Varese
GENNAIO	44,32	49,00	49,13	40,24	50,45	37,72	38,96	39,06	37,68	61,54	54,34
FEBBRAIO	62,45	71,42	61,46	60,96	63,55	58,96	58,91	60,04	57,89	83,95	66,64
MARZO	107,21	118,40	105,21	108,87	108,30	106,90	104,80	110,02	104,81	137,84	108,29
APRILE	135,88	140,35	135,91	146,55	137,73	142,99	141,14	143,94	142,05	156,16	134,11
MAGGIO	166,18	177,61	157,40	178,39	160,05	174,03	174,00	174,05	174,88	186,65	166,21
GIUGNO	170,92	186,69	170,11	197,39	171,79	190,79	194,91	184,17	196,57	187,66	170,12
LUGLIO	193,48	210,85	190,89	215,95	190,91	211,65	213,35	207,34	214,22	193,61	190,01
AGOSTO	167,25	180,04	159,95	179,90	161,79	174,45	176,22	172,63	177,14	179,36	161,78
SETTEMBRE	126,46	133,18	117,80	129,09	120,68	124,28	124,23	126,24	123,29	145,29	123,65
OTTOBRE	90,51	91,54	89,47	82,35	90,60	80,23	79,07	82,72	77,99	102,29	89,48
NOVEMBRE	46,94	54,13	49,41	44,33	51,86	43,18	43,14	43,61	41,94	71,91	57,91
DICEMBRE	42,37	47,71	43,79	34,54	45,17	33,25	34,55	34,65	33,22	54,08	53,31
ANNUALE	1353,97	1460,91	1330,53	1418,57	1352,87	1378,43	1383,26	1378,47	1381,71	1560,34	1375,84

Inclinazione	30°	Esposizione	Sud	Irradiazione solare kWh/m2							
MESE		Bergamo	Brescia	Como	Cremona	Lecco	Lodi	Mantova	Milano	Pavia	Sondrio	Varese

GENNAIO	57,44	64,17	64,55	50,76	66,68	46,89	48,77	49,05	46,78	85,03	72,79
FEBBRAIO	75,55	87,67	74,22	72,83	77,18	70,12	69,98	71,70	68,58	106,82	81,50
MARZO	119,43	133,02	117,05	120,87	120,87	118,57	115,92	122,48	115,95	158,38	120,83
APRILE	138,66	143,37	138,76	149,77	140,74	146,06	144,00	147,16	145,00	161,03	136,83
MAGGIO	159,96	171,04	151,47	171,56	154,08	167,43	167,31	167,50	168,19	180,27	160,06
GIUGNO	160,40	175,00	159,70	184,71	161,28	178,68	182,41	172,62	183,98	176,27	159,71
LUGLIO	183,67	200,09	181,27	204,65	181,31	200,68	202,18	196,70	203,04	184,09	180,44
AGOSTO	167,07	180,25	159,57	179,82	161,49	174,28	175,99	172,45	176,96	180,00	161,46
SETTEMBRE	136,94	144,81	126,80	139,62	130,17	134,00	133,84	136,36	132,78	159,90	133,77
OTTOBRE	108,15	109,41	106,84	96,52	108,39	93,79	92,17	97,56	90,75	125,07	106,87
NOVEMBRE	59,16	70,04	63,00	54,93	66,78	53,26	53,13	54,46	51,34	98,27	76,01
DICEMBRE	56,82	65,41	59,21	44,40	61,51	42,38	44,42	44,71	42,27	76,98	74,80
ANNUALE	1423,26	1544,28	1402,43	1470,45	1430,47	1426,14	1430,11	1432,74	1425,61	1692,10	1465,06

Inclinazione	60°	Esposizione	Sud	Irradiazione solare kWh/m2								
MESE		Bergamo	Brescia	Como	Cremona	Lecco	Lodi	Mantova	Milano	Pavia	Sondrio	Varese
GENNAIO		66,47	74,84	75,50	57,44	78,33	52,43	54,83	55,32	52,25	103,21	86,36

FEBBRAIO	81,45	95,63	79,92	77,61	83,51	74,45	74,21	76,43	72,55	120,05	88,69
MARZO	116,62	130,82	114,19	117,54	118,27	115,24	112,35	119,47	112,41	158,99	118,20
APRILE	120,15	124,24	120,32	129,61	122,12	126,45	124,51	127,55	125,42	140,71	118,61
MAGGIO	127,25	135,67	120,74	135,73	122,80	132,68	132,46	132,90	133,17	143,35	127,43
GIUGNO	122,84	133,14	122,43	139,61	123,62	135,50	137,97	131,43	139,14	134,63	122,45
LUGLIO	142,16	154,02	140,55	156,82	140,63	154,19	155,08	151,46	155,75	142,95	140,00
AGOSTO	139,60	150,55	133,38	149,78	135,03	145,31	146,59	143,90	147,43	150,99	134,98
SETTEMBRE	128,28	136,04	118,21	130,45	121,58	124,93	124,66	127,38	123,64	151,99	125,25
OTTOBRE	114,51	115,84	113,09	100,44	114,92	97,41	95,44	102,11	93,82	135,08	113,13
NOVEMBRE	66,74	80,64	71,74	61,05	76,63	58,98	58,75	60,94	56,47	117,91	88,51
DICEMBRE	67,71	79,19	70,99	51,18	74,13	48,53	51,20	51,72	48,34	95,70	92,04
ANNUALE	1293,77	1410,63	1281,05	1307,26	1311,57	1266,11	1268,05	1280,59	1260,39	1595,58	1355,66

Inclinazione	90°	Esposizione	Sud	Irradiazione solare kWh/m2								
MESE		Bergamo	Brescia	Como	Cremona	Lecco	Lodi	Mantova	Milano	Pavia	Sondrio	Varese
GENNAIO		60,82	68,75	69,51	51,83	72,30	47,00	49,30	49,86	46,80	97,02	80,14
FEBBRAIO		69,78	82,44	68,45	65,95	71,74	63,17	62,89	65,02	61,40	105,38	76,42

MARZO	89,64	100,76	87,79	89,93	91,06	88,23	85,85	91,67	85,92	123,95	90,99
APRILE	79,40	81,87	79,60	84,93	80,78	83,08	81,73	83,90	82,33	92,75	78,53
MAGGIO	75,01	78,98	71,82	78,61	72,90	77,25	77,00	77,65	77,39	83,24	75,22
GIUGNO	68,94	73,02	68,86	75,09	69,43	73,64	74,39	72,35	74,93	74,33	68,88
LUGLIO	79,37	84,12	78,89	84,58	78,98	83,90	83,96	82,98	84,31	80,27	78,81
AGOSTO	86,79	92,78	83,38	91,88	84,39	89,59	90,16	89,03	90,68	93,74	84,32
SETTEMBRE	92,99	98,54	85,70	94,11	88,21	90,23	89,91	92,13	89,19	110,88	90,88
OTTOBRE	95,74	96,79	94,58	83,02	96,21	80,48	78,69	84,77	77,30	114,34	94,63
NOVEMBRE	59,85	73,13	64,70	54,22	69,42	52,29	52,02	54,37	49,85	109,50	80,82
DICEMBRE	63,32	74,67	66,64	46,93	69,78	44,35	46,96	47,55	44,13	91,64	87,59
ANNUALE	921,65	1005,85	919,93	901,07	945,21	873,22	872,86	891,27	864,25	1177,03	987,23

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/43

E.10 Contributi dovuti alle fonti energetiche rinnovabili - E.10.1 Solare termico ad integrazione del riscaldamento ambienti e/o produzione di ACS - E.10.1.4 Determinazione del coefficiente Y - [Parte Seconda]

Inclinazione	Lat.	Esposizione	Sud	Irradiazione solare kWh/m2

MESE	Bergamo	Brescia	Como	Cremona	Lecco	Lodi	Mantova	Milano	Pavia	Sondrio	Varese
GENNAIO	51,48	70,00	61,26	71,18	52,66	73,82	48,87	50,57	48,53	95,63	80,98
FEBBRAIO	75,00	93,26	78,85	77,55	75,76	80,98	73,02	72,65	71,16	114,73	85,82
MARZO	123,29	134,27	119,76	117,33	121,30	121,45	118,99	116,07	116,12	161,30	121,37
APRILE	144,68	140,83	136,07	136,18	147,31	138,19	143,55	141,46	142,46	158,37	134,23
MAGGIO	161,23	164,55	153,90	145,71	165,24	148,19	161,19	161,14	161,97	173,04	153,94
GIUGNO	164,41	166,58	152,87	152,15	175,89	153,60	170,16	173,74	175,18	167,36	152,15
LUGLIO	187,84	190,98	175,45	173,14	195,51	173,15	191,68	193,19	193,97	175,57	172,36
AGOSTO	167,91	175,46	162,50	155,14	175,10	157,04	169,65	171,39	172,35	175,11	157,01
SETTEMBRE	136,29	144,68	136,69	126,37	139,23	129,94	133,70	133,45	132,34	160,50	133,39
OTTOBRE	101,33	114,90	113,72	112,43	100,42	114,30	97,64	95,62	94,09	132,81	112,46
NOVEMBRE	56,22	75,13	63,04	67,65	57,28	72,10	55,79	55,37	53,49	109,99	82,85
DICEMBRE	47,11	72,60	62,89	66,06	46,06	68,95	44,28	46,13	43,92	87,26	85,03
ANNUALE	1416,79	1543,24	1417,00	1400,89	1451,76	1431,71	1408,52	1410,78	1405,58	1711,67	1471,59

Inclinazione	10°	Esposizione	SE/SO	Irradiazione solare kWh/m2								
MESE		Bergamo	Brescia	Como	Cremona	Lecco	Lodi	Mantova	Milano	Pavia	Sondrio	Varese

GENNAIO	6,5	46,17	46,26	38,22	47,45	35,94	37,07	37,13	35,91	57,29	50,95
FEBBRAIO	59,83	68,22	58,90	58,54	60,83	56,67	56,64	57,67	55,69	79,59	63,70
MARZO	104,35	115,05	102,42	106,02	105,37	104,12	102,13	107,09	102,14	133,40	105,36
APRILE	134,29	138,68	134,31	144,78	136,09	141,28	139,48	142,20	140,37	154,08	132,54
MAGGIO	165,78	177,17	157,03	177,97	159,67	173,62	173,59	173,62	174,47	186,11	165,80
GIUGNO	171,17	186,98	170,35	197,75	172,02	191,11	195,25	184,46	196,92	187,92	170,35
LUGLIO	193,43	210,80	190,83	215,93	190,84	211,61	213,32	207,30	214,20	193,52	189,95
AGOSTO	165,87	178,49	158,67	178,38	160,48	173,00	174,75	171,20	175,66	177,76	160,47
SETTEMBRE	123,71	130,19	115,37	126,30	118,14	121,67	121,63	123,55	120,72	141,73	120,99
OTTOBRE	86,93	87,90	85,94	79,38	86,99	77,37	76,30	79,64	75,28	97,79	85,94
NOVEMBRE	44,59	51,13	46,82	42,26	49,04	41,21	41,18	41,51	40,09	67,11	54,53
DICEMBRE	39,72	44,49	40,97	32,68	42,20	31,52	32,69	32,76	31,50	50,00	49,46
ANNUALE	1331,50	1435,27	1307,87	1398,22	1329,12	1359,12	1364,02	1358,14	1362,95	1526,31	1350,05

Inclinazione	30°	Esposizione	SE/SO	Irradiazione solare kWh/m2							
MESE		Bergamo	Brescia	Como	Cremona	Lecco	Lodi	Mantova	Milano	Pavia	Sondrio	Varese
GENNAIO		6,5	56,19	56,45	45,07	58,19	41,86	43,43	43,62	41,79	73,02	63,20

FEBBRAIO	68,48	79,04	67,33	66,32	69,86	63,97	63,86	65,31	62,65	95,07	73,59
MARZO	112,71	125,17	110,51	114,19	114,00	112,05	109,65	115,61	109,68	147,95	113,97
APRILE	136,49	141,11	136,57	147,40	138,49	143,77	141,78	144,82	142,74	158,16	134,69
MAGGIO	161,45	172,74	152,81	173,34	155,45	169,11	169,01	169,14	169,90	182,01	161,53
GIUGNO	163,47	178,62	162,72	188,80	164,35	182,50	186,41	176,16	188,03	179,80	162,73
LUGLIO	186,69	203,64	184,19	208,46	184,22	204,30	205,90	200,16	206,77	187,02	183,32
AGOSTO	166,29	179,39	158,83	179,04	160,73	173,52	175,24	171,67	176,19	179,03	160,70
SETTEMBRE	131,27	138,65	121,77	133,89	124,93	128,62	128,49	130,82	127,49	152,56	128,28
OTTOBRE	98,78	99,92	97,61	88,77	98,96	86,35	84,94	89,52	83,68	113,30	97,63
NOVEMBRE	52,60	61,66	55,77	49,15	58,90	47,74	47,65	48,59	46,15	84,82	66,57
DICEMBRE	49,27	56,26	51,19	39,11	53,04	37,45	39,12	39,33	37,38	65,34	63,81
ANNUALE	1378,00	1492,40	1355,75	1433,55	1381,12	1391,23	1395,49	1394,74	1392,46	1618,09	1410,01

Inclinazione	60°	Esposizione	SE/SO	Irradiazione solare kWh/m2								
MESE		Bergamo	Brescia	Como	Cremona	Lecco	Lodi	Mantova	Milano	Pavia	Sondrio	Varese
GENNAIO		54,69	61,31	61,76	47,81	63,93	43,92	45,80	46,14	43,80	82,83	70,12
FEBBRAIO		70,19	81,90	68,92	67,26	71,84	64,66	64,48	66,25	63,12	101,29	76,07

MARZO	108,17	120,97	105,97	109,21	109,61	107,10	104,53	110,86	104,58	145,79	109,56
APRILE	121,64	125,85	121,78	131,46	123,61	128,18	126,24	129,26	127,16	142,47	120,04
MAGGIO	135,87	145,41	128,56	145,67	130,84	142,18	142,00	142,28	142,78	153,81	136,01
GIUGNO	133,78	146,01	133,24	153,99	134,59	149,00	152,07	143,97	153,41	147,37	133,26
LUGLIO	154,79	168,79	152,79	172,45	152,85	169,14	170,35	165,82	171,10	155,40	152,06
AGOSTO	145,29	157,06	138,61	156,42	140,34	151,55	152,98	149,95	153,86	157,24	140,30
SETTEMBRE	123,22	130,57	113,71	125,43	116,88	120,19	119,97	122,47	119,00	145,33	120,32
OTTOBRE	100,23	101,39	99,01	88,66	100,54	86,08	84,46	89,88	83,09	117,11	99,04
NOVEMBRE	55,74	66,61	59,62	51,38	63,42	49,74	49,58	51,10	47,79	95,35	72,68
DICEMBRE	54,80	63,55	57,27	42,14	59,65	40,11	42,16	42,52	39,98	75,79	73,25
ANNUALE	1258,40	1369,43	1241,23	1291,89	1268,10	1251,86	1254,63	1260,49	1249,67	1519,78	1302,71

Inclinazione	90°	Esposizione	SE/SO	Irradiazione solare kWh/m2								
MESE		Bergamo	Brescia	Como	Cremona	Lecco	Lodi	Mantova	Milano	Pavia	Sondrio	Varese
GENNAIO		47,56	53,53	54,05	41,01	56,09	37,44	39,15	39,53	37,30	74,04	61,85
FEBBRAIO		58,08	68,18	57,01	55,24	59,59	53,02	52,83	54,46	51,65	85,81	63,28
MARZO		84,21	94,49	82,48	84,72	85,46	83,10	80,96	86,21	81,02	115,27	85,40

APRILE	88,21	91,23	88,37	95,14	89,73	92,83	91,34	93,69	92,02	103,82	87,09
MAGGIO	92,79	99,04	87,96	99,02	89,50	96,78	96,59	96,95	97,12	104,90	92,94
GIUGNO	88,58	96,11	88,28	100,82	89,15	97,83	99,62	94,84	100,48	97,25	88,30
LUGLIO	103,34	112,12	102,14	114,16	102,21	112,21	112,86	110,21	113,36	103,99	101,73
AGOSTO	102,74	110,95	98,08	110,26	99,34	106,93	107,85	105,90	108,49	111,47	99,29
SETTEMBRE	93,63	99,33	86,22	95,06	88,72	91,03	90,79	92,88	90,05	111,40	91,44
OTTOBRE	81,87	82,78	80,88	71,66	82,21	69,53	68,09	72,93	66,94	96,78	80,92
NOVEMBRE	47,64	57,56	51,24	43,50	54,75	42,05	41,86	43,46	40,23	84,40	63,24
DICEMBRE	48,63	56,88	51,02	36,66	53,29	34,78	36,68	37,09	34,63	68,95	66,20
ANNUALE	937,28	1022,19	927,74	947,25	950,04	917,53	918,62	928,13	913,29	1158,06	981,68

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/44

E.10 Contributi dovuti alle fonti energetiche rinnovabili - E.10.1 Solare termico ad integrazione del riscaldamento ambienti e/o produzione di ACS - E.10.1.4 Determinazione del coefficiente Y - [Parte Terza]

Inclinazione	LAT.	Esposizione	SE/SO	Irradiazione solare kWh/m2								
MESE		Bergamo	Brescia	Como	Cremona	Lecco	Lodi	Mantova	Milano	Pavia	Sondrio	Varese

GENNAIO	44,48	59,21	52,20	60,02	45,55	62,08	42,44	43,86	42,20	79,09	67,76
FEBBRAIO	66,10	81,22	69,21	68,08	66,86	70,90	64,51	64,26	63,00	98,57	74,93
MARZO	113,20	122,92	109,96	107,75	111,56	111,40	109,44	106,89	106,93	146,49	111,34
APRILE	139,59	135,86	131,24	131,32	142,20	133,24	138,54	136,55	137,51	152,61	129,44
MAGGIO	161,34	164,74	153,80	145,41	165,48	147,94	161,31	161,27	162,12	173,39	153,83
GIUGNO	167,28	169,57	155,11	154,34	179,45	155,87	173,37	177,17	178,69	170,37	154,34
LUGLIO	190,53	193,81	177,53	175,11	198,60	175,12	194,57	196,16	196,98	177,62	174,30
AGOSTO	164,82	172,30	159,41	152,10	172,02	153,97	166,57	168,33	169,27	171,82	153,95
SETTEMBRE	127,47	135,14	127,76	118,25	130,29	121,52	125,15	124,97	123,94	149,35	124,69
OTTOBRE	90,05	101,48	100,41	99,26	89,43	100,81	86,99	85,34	84,03	116,19	99,28
NOVEMBRE	48,82	64,01	54,23	57,89	49,80	61,44	48,53	48,24	46,71	91,41	70,04
DICEMBRE	40,31	60,33	52,65	55,08	39,60	57,32	38,12	39,64	37,87	71,41	69,88
ANNUALE	1353,99	1460,59	1343,51	1324,61	1390,84	1351,61	1349,54	1352,68	1349,25	1598,32	1383,78

Inclinazione	10°	Esposizione	E/O	Irradiazione solare kWh/m2								
MESE		Bergamo	Brescia	Como	Cremona	Lecco	Lodi	Mantova	Milano	Pavia	Sondrio	Varese
GENNAIO		36,26	39,73	39,74	33,63	40,62	31,89	32,76	32,77	31,89	47,64	43,24

FEBBRAIO	53,69	60,73	52,91	52,88	54,48	51,32	51,31	52,11	50,53	69,41	56,83
MARZO	97,12	106,60	95,40	98,82	97,99	97,10	95,37	99,69	95,37	122,20	97,99
APRILE	129,45	133,61	129,46	139,42	131,12	136,10	134,43	136,93	135,26	147,77	127,79
MAGGIO	163,54	174,68	154,97	175,53	157,54	171,24	171,24	171,25	172,10	183,26	163,54
GIUGNO	170,58	186,32	169,75	197,08	171,41	190,46	194,60	183,83	196,25	187,15	169,75
LUGLIO	191,74	208,87	189,17	214,00	189,17	209,72	211,43	205,44	212,29	191,75	188,31
AGOSTO	161,13	173,15	154,27	173,14	155,99	167,99	169,70	166,28	170,56	172,31	155,99
SETTEMBRE	116,37	122,20	108,86	118,85	111,36	114,68	114,68	116,35	113,84	132,25	113,87
OTTOBRE	78,38	79,24	77,51	72,29	78,38	70,56	69,69	72,31	68,83	87,08	77,52
NOVEMBRE	39,23	44,29	40,92	37,53	42,61	36,69	36,69	36,71	35,85	56,14	46,83
DICEMBRE	33,72	37,22	34,60	28,47	35,48	27,60	28,47	28,48	27,60	40,77	40,73
ANNUALE	1271,21	1366,62	1247,57	1341,63	1266,15	1305,35	1310,37	1302,14	1310,37	1437,73	1282,38

Inclinazione	30°	Esposizione	E/O	Irradiazione solare kWh/m2								
MESE		Bergamo	Brescia	Como	Cremona	Lecco	Lodi	Mantova	Milano	Pavia	Sondrio	Varese
GENNAIO		36,35	39,93	39,98	33,47	40,93	31,63	32,54	32,58	31,62	48,63	43,73
FEBBRAIO		53,25	60,43	52,46	52,26	54,09	50,67	50,64	51,50	49,84	69,79	56,52

MARZO	95,14	104,64	93,43	96,68	96,05	94,99	93,22	97,62	93,23	120,72	96,04
APRILE	125,14	129,19	125,17	134,81	126,81	131,59	129,92	132,44	130,75	143,34	123,54
MAGGIO	156,67	167,42	148,41	168,17	150,90	164,07	164,04	164,08	164,87	175,88	156,70
GIUGNO	162,75	177,85	161,97	188,13	163,57	181,79	185,75	175,44	187,34	178,76	161,98
LUGLIO	183,47	199,98	181,00	204,85	181,01	200,74	202,37	196,65	203,20	183,57	180,17
AGOSTO	155,41	167,14	148,72	167,03	150,40	162,03	163,67	160,37	164,51	166,48	150,39
SETTEMBRE	113,62	119,43	106,13	115,96	108,63	111,81	111,77	113,51	110,95	129,74	111,16
OTTOBRE	77,69	78,54	76,84	71,28	77,74	69,55	68,63	71,43	67,75	86,88	76,84
NOVEMBRE	39,12	44,45	40,93	37,25	42,73	36,39	36,37	36,52	35,48	57,26	47,19
DICEMBRE	34,03	37,78	35,00	28,42	35,96	27,50	28,42	28,46	27,48	41,88	41,64
ANNUALE	1232,63	1326,78	1210,03	1298,31	1228,81	1262,76	1267,35	1260,59	1267,03	1402,92	1245,88

Inclinazione	60°	Esposizione	E/O	Irradiazione solare kWh/m2								
MESE		Bergamo	Brescia	Como	Cremona	Lecco	Lodi	Mantova	Milano	Pavia	Sondrio	Varese
GENNAIO		33,83	37,35	37,46	30,74	38,46	28,86	29,78	29,87	28,83	46,79	41,37
FEBBRAIO		48,77	55,75	48,01	47,53	49,65	45,99	45,93	46,85	45,15	65,69	52,07
MARZO		85,35	94,32	83,77	86,51	86,28	84,97	83,24	87,53	83,26	110,36	86,26

APRILE	109,47	113,10	109,53	118,04	111,05	115,18	113,61	116,02	114,37	126,48	108,06
MAGGIO	134,60	144,08	127,35	144,56	129,57	141,02	140,93	141,04	141,68	151,94	134,68
GIUGNO	138,65	151,80	138,02	160,63	139,43	155,16	158,57	149,64	159,97	152,87	138,03
LUGLIO	157,47	172,01	155,32	176,13	155,35	172,56	173,93	169,01	174,68	157,79	154,56
AGOSTO	135,53	146,11	129,50	145,80	131,04	141,34	142,73	139,87	143,51	145,85	131,02
SETTEMBRE	101,43	106,87	94,39	103,37	96,75	99,50	99,40	101,14	98,65	117,10	99,19
OTTOBRE	71,23	72,01	70,44	64,65	71,34	63,01	62,07	65,02	61,23	80,72	70,45
NOVEMBRE	36,09	41,53	37,97	34,07	39,84	33,21	33,17	33,53	32,27	55,10	44,43
DICEMBRE	32,02	35,95	33,07	26,19	34,10	25,25	26,20	26,28	25,22	40,66	40,10
ANNUALE	1084,44	1170,87	1064,84	1138,23	1082,87	1106,06	1109,57	1105,80	1108,80	1251,35	1100,20

Inclinazione	90°	Esposizione	E/O	Irradiazione solare kWh/m2								
MESE		Bergamo	Brescia	Como	Cremona	Lecco	Lodi	Mantova	Milano	Pavia	Sondrio	Varese
GENNAIO		27,11	30,06	30,21	24,34	31,09	22,71	23,51	23,61	22,68	38,59	33,64
FEBBRAIO		38,55	44,36	37,92	37,33	39,32	36,05	35,98	36,80	35,32	53,21	41,37
MARZO		66,21	73,50	64,94	66,94	67,01	65,73	64,28	67,85	64,31	87,15	66,98
APRILE		82,88	85,70	82,97	89,47	84,18	87,27	85,99	87,97	86,60	96,62	81,80

MAGGIO	100,09	107,34	94,57	107,58	96,29	104,92	104,81	104,95	105,39	113,65	100,19
GIUGNO	102,22	112,16	101,77	118,73	102,85	114,64	117,18	110,47	118,25	113,17	101,78
LUGLIO	117,02	128,14	115,40	131,16	115,44	128,45	129,47	125,79	130,05	117,44	114,79
AGOSTO	102,33	110,60	97,63	110,20	98,85	106,76	107,78	105,62	108,40	110,65	98,82
SETTEMBRE	78,33	82,73	72,62	79,73	74,54	76,60	76,48	77,97	75,89	91,40	76,56
OTTOBRE	56,37	56,98	55,73	50,66	56,50	49,32	48,50	51,11	47,80	64,64	55,75
NOVEMBRE	28,70	33,41	30,36	26,88	31,99	26,16	26,10	26,55	25,33	45,46	35,98
DICEMBRE	25,91	29,37	26,86	20,81	27,78	19,99	20,82	20,92	19,96	33,78	33,10
ANNUALE	825,72	894,35	810,99	863,83	825,84	838,61	840,91	839,63	839,96	965,76	840,77

Inclinazione	LAT.	Esposizione	E/O	Irradiazione solare kWh/m2								
MESE		Bergamo	Brescia	Como	Cremona	Lecco	Lodi	Mantova	Milano	Pavia	Sondrio	Varese
GENNAIO		30,15	37,50	33,87	37,62	30,96	38,58	29,21	30,07	29,18	46,34	41,37
FEBBRAIO		47,56	56,25	49,18	48,42	48,27	50,01	46,74	46,72	45,94	65,33	52,37
MARZO		89,61	96,23	87,14	85,50	88,78	87,98	87,13	85,49	85,49	111,41	87,97
APRILE		121,86	118,76	114,88	114,86	124,24	116,39	121,12	119,61	120,37	131,79	113,32
MAGGIO		151,81	154,90	144,72	136,90	155,83	139,21	151,87	151,93	152,70	162,47	144,67

GIUGNO	162,94	165,14	150,88	150,08	175,06	151,55	168,99	172,80	174,29	165,61	150,08
LUGLIO	182,62	185,70	170,07	167,69	190,55	167,67	186,58	188,20	188,97	169,88	166,91
AGOSTO	148,07	154,38	143,26	136,91	154,49	138,48	149,69	151,31	152,10	153,45	138,49
SETTEMBRE	104,35	109,88	104,34	97,25	106,72	99,61	102,78	102,79	102,00	119,47	101,97
OTTOBRE	65,98	72,87	72,06	71,23	65,91	72,11	64,24	63,36	62,51	80,94	71,23
NOVEMBRE	33,67	41,55	36,34	38,14	34,45	39,92	33,63	33,60	32,75	54,51	44,34
DICEMBRE	26,44	35,85	32,13	33,14	26,33	34,12	25,47	26,34	25,44	40,14	39,88
ANNUALE	1165,06	1229,01	1138,87	1117,74	1201,59	1135,63	1167,45	1172,22	1171,74	1301,34	1152,6

Prospetto LXIII - Irradiazione solare; per la Provincia di Monza Brianza si assumono i valori di irradiazione solare della Provincia di Milano

(Fonte: Dati elaborati a partire dalla UNI 10349:1994 e dalla UNI 8477-1:1983)

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/45

E.10 Contributi dovuti alle fonti energetiche rinnovabili - E.10.1 Solare termico ad integrazione del riscaldamento ambienti e/o produzione di ACS - E.10.1.5 Consumo di energia elettrica dei componenti ausiliari di un impianto solare termico

E.10.1.5 Consumo di energia elettrica dei componenti ausiliari di un impianto solare termico

Nel caso in cui l'impianto solare termico sia dotato di impianto di circolazione forzata, è necessario calcolare il consumo di energia elettrica utilizzata dagli ausiliari (circolatori, centraline di regolazione...).

L'energia elettrica necessaria al funzionamento dei circolatori in un impianto di riscaldamento ad energia solare è data da:

$$W_{GS,in,H} = \dot{W}_{GS,in,H} \cdot P_H \cdot t_{HS,Aux} \qquad (337)$$

$$W_{GS,in,W} = \dot{W}_{GS,in,W} \cdot P_W \cdot t_{HS,Aux} \quad (338)$$

dove:

$$\dot{W}_{GS,in,H} = \dot{W}_{GS,in} \cdot P_H \quad (339)$$

$$\dot{W}_{GS,in,W} = \dot{W}_{GS,in} \cdot P_W \quad (340)$$

$\dot{W}_{GS,in,H}$ è la potenza dei circolatori dell'impianto solare termico in riferimento al servizio di riscaldamento, [kWh];

PH è il coefficiente di ripartizione della superficie di apertura del campo solare in riferimento al servizio di riscaldamento, definito dalla (317);

$\dot{W}_{GS,in,W}$ è la potenza dei circolatori dell'impianto solare termico in riferimento al servizio di produzione acqua calda sanitaria, [kWh];

PW è il coefficiente di ripartizione della superficie di apertura del campo solare in riferimento al servizio di produzione di acqua calda sanitaria, definito dalla (318);

tHS,Aux indica le ore di funzionamento mensili del circolatore, [h].

$$\dot{W}_{GS,in,H} = \frac{50 + 5 \cdot A_{ST} \cdot P_H}{1000} \quad (341)$$

$$\dot{W}_{GS,in,W} = \frac{50 + 5 \cdot A_{ST} \cdot P_W}{1000} \quad (342)$$

Per determinare le ore di funzionamento mensili del circolatore, si assume il periodo di funzionamento annuale della durata di 2000 ore, in accordo alla EN 12976, di conseguenza tHS,Aux si calcola mediante la seguente relazione:

$$t_{HS,Aux} = \frac{H_{ST,m}}{H_{ST,yr}} \cdot 2000 \quad (343)$$

dove:

HST,m è la radiazione solare mensile incidente sul collettore solare in base all'inclinazione e all'azimut del pannello stesso, (Prospetto LXIII), [kWh/m2];

HST,yr è la radiazione solare annuale incidente sul collettore solare in base all'inclinazione e all'azimut del pannello stesso, (Prospetto LXIII), [kWh/m2].

La frazione recuperata dell'energia elettrica dei circolatori, ove presenti, ksW,ST, si assume pari a 0,5.

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/46

E.10 Contributi dovuti alle fonti energetiche rinnovabili - E.10.1 Solare termico ad integrazione del riscaldamento ambienti e/o produzione di ACS - E.10.1.6 Perdite dell'accumulo

E.10.1.6 Perdite dell'accumulo solare

Le perdite dell'accumulo dipendono dal coefficiente di perdita globale di energia dell'accumulo e possono essere calcolate con la seguente relazione:

$$Q_{HS,s,ls,H} = U_{ST,H} \cdot (\theta_{set-point} - \theta_a) \cdot \left(\frac{Q^*_{HS,g,out,H}}{Q^*_{NH,s,adj}} \right) \cdot \Delta t \qquad (344)$$

$$Q_{HS,s,ls,W} = U_{ST,W} \cdot (\theta_{set-point} - \theta_a) \cdot \left(\frac{Q^*_{HS,g,out,W}}{Q_{DHW}} \right) \cdot \Delta t \qquad (345)$$

dove:

UST,H è il coefficiente di perdita globale di energia dell'accumulo in riferimento al servizio di riscaldamento; in assenza di dati forniti dal costruttore si ricava mediante la (346), [W/K];

Ust,w è il coefficiente di perdita globale di energia dell'accumulo in riferimento al servizio di produzione di acqua calda sanitaria; in assenza di dati forniti dal costruttore si ricava mediante la (347), [W/K];

ϑset-point è la temperatura di produzione dell'acqua calda sanitaria assunta pari a 60°C;

Q*NH,s,adj è il fabbisogno di energia termica sensibile netto corretto per il riscaldamento o la climatizzazione invernale della zona termica i-esima coperto dalla tipologia d'impianto j-esima, [kWh];

Q*HS,g,out,W è il contributo energetico dovuto agli impianti solari termici, al netto delle perdite e dei recuperi, a riduzione dell'energia termica prodotta dal sistema di generazione asservito alla produzione di acqua calda sanitaria, [kWh];

Qdhw è il fabbisogno di energia termica per la produzione di acqua calda sanitaria applicato all'impianto solare termico, [kWh];

Δt è la durata del mese considerato (si veda la (17)), [kh].

Se il coefficiente globale di perdita di energia dell'accumulo, UST, non è noto può essere ricavato mediante la:

$$U_{ST,H} = 0.16 \cdot V_{ST,H}^{0,5} \qquad (346)$$

$$U_{ST,W} = 0.16 \cdot V_{ST,W}^{0,5} \qquad (347)$$

dove:

VST,H è la capacità dell'accumulo solare, in riferimento al servizio di riscaldamento, [l];

VST,W è la capacità dell'accumulo solare, in riferimento al servizio di produzione di acqua calda sanitaria, [l].

La temperatura media dell'aria dell'ambiente in cui l'accumulo è installato si può ricavare dal Prospetto LXIV, dove:

ϑa è la temperatura media dell'aria dell'ambiente in cui l'accumulo è installato, [°C];

ϑe è il valore medio mensile della temperatura media giornaliera esterna, [°C].

Tipo di ambiente	ϑa [°C]
Ambiente riscaldato	20
Ambiente non riscaldato	$\theta_e + \frac{20 - \theta_e}{2}$
Esterno	ϑe

Prospetto LXIV - Valori della temperatura media dell'ambiente in cui è installato l'accumulatore

(Fonte: pr UNI TS 11300-4)

Allegato 1/47

E.10 Contributi dovuti alle fonti energetiche rinnovabili - E.10.1 Solare termico ad integrazione del riscaldamento ambienti e/o produzione di ACS - E.10.1.7 Perdite di distribuzione tra l'impianto di riscaldamento ad energia solare ed il riscaldatore ausiliario

E.10.1.7 Perdite di distribuzione tra l'impianto di riscaldamento ad energia solare ed il riscaldatore ausiliario

Le perdite di distribuzione tra l'impianto di riscaldamento ad energia solare ed il riscaldatore ausiliario sono calcolate nei seguenti modi:

Se le tubazioni sono isolate:

$$Q_{HS,d,ls,H} = 0.02 \cdot Q^{*}_{H,s,g,out,H} \quad (348)$$

$$Q_{HS,d,ls,W} = 0.02 \cdot Q^{*}_{H,s,g,out,W} \quad (349)$$

Se le tubazioni non sono isolate:

$$Q_{HS,d,ls,H} = 0.05 \cdot Q^{*}_{H,s,g,out,H} \quad (350)$$

$$Q_{HS,d,ls,W} = 0.05 \cdot Q^{*}_{H,s,g,out,W} \quad (351)$$

dove:

Q*HS,g,out,W è il contributo energetico dovuto agli impianti solari termici, al netto delle perdite e dei recuperi, a riduzione dell'energia termica prodotta dal sistema di generazione asservito alla produzione di acqua calda sanitaria, [kWh].

Le perdite totali che si hanno al sottosistema di generazione solare sono quindi date dalla:

$$Q_{HS,g,ls,H} = Q_{HS,s,ls,H} + Q_{HS,d,ls,H} \quad (352)$$

$$Q_{HS,g,ls,W} = Q_{HS,s,ls,W} + Q_{HS,d,ls,W} \quad (353)$$

dove:

QHS,d,ls,H è la perdita del sottosistema di accumulo in riferimento al servizio di riscaldamento, [kWh];

QHS,s,ls,H è la perdita del sottosistema di distribuzione tra l'impianto di riscaldamento ad energia solare ed il riscaldatore ausiliario in riferimento al servizio di riscaldamento, [kWh];

QHS,d,ls,H è la perdita del sottosistema di accumulo in riferimento al servizio di produzione di acqua calda sanitaria, [kWh];

QHS,s,ls,H è la perdita del sottosistema di distribuzione tra l'impianto di riscaldamento ad energia solare ed il riscaldatore ausiliario in riferimento al servizio di produzione di acqua calda sanitaria, [kWh].

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/48

E.10 Contributi dovuti alle fonti energetiche rinnovabili - E.10.1 Solare termico ad integrazione del riscaldamento ambienti e/o produzione di ACS - E.10.1.8 Solare fotovoltaico

E.10.1.8 Solare fotovoltaico

L'energia elettrica prodotta dal sottosistema di generazione solare fotovoltaico è data dalla:

$$E_{el,ges,out} = E^{*}_{el,ges,out} - \left(\dot{W}_{FV,Aux} \cdot t_{FV} \cdot N\right) \qquad (354)$$

dove:

E*el,ges,out è l'energia elettrica prodotta dal sottosistema di generazione solare fotovoltaico al netto dei consumi elettrici dovuti ad eventuali ausiliari dell'impianto solare fotovoltaico, [kWh];

$\dot{W}_{FV,Aux}$ è la potenza elettrica degli ausiliari dell'impianto solare fotovoltaico, quali ad esempio i rotatori, ove presenti, [kW];

tFV è il numero medio mensile di ore giornaliere di soleggiamento teorico, i cui valori sono indicati nel Prospetto

LXV, [h];

N è il numero dei giorni del mese.

GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
9	10,2	11,7	13,3	14,7	15,4	15,1	13,9	12,3	10,7	9,3	8,6

Prospetto LXV - Numero medio mensile di ore giornaliere di soleggiamento teorico

Il contributo energetico mensile lordo dovuto agli impianti solari fotovoltaici è dato da:

$$E^*_{el,ges,out} = \frac{H_{FV} \cdot \dot{W}_{FV} \cdot F_{FV}}{H_r} \qquad (355)$$

dove:

E*el,ges,out è l'energia elettrica prodotta dal sottosistema di generazione solare fotovoltaico al netto dei consumi elettrici dovuti ad eventuali ausiliari dell'impianto solare fotovoltaico, [kWh];

HFV è la radiazione solare sull'impianto fotovoltaico, i cui valori sono indicati nel Prospetto LXIII, [kWh/m2];

WFV è la potenza di picco, che rappresenta la potenza elettrica di un impianto fotovoltaico di una determinata superficie, con radiazione solare di 1 kW/m2 su questa superficie (a 25°C), [kW];

FFV è il fattore di efficienza dell'impianto (Prospetto LXVI);

Hr è la radiazione solare di riferimento pari a 1 kW/m2.

La potenza di picco si ottiene in condizioni di prova standard, se tale valore non è disponibile può essere calcolato nel seguente modo:

$$\dot{W}_{FV} = F_P \cdot A_{FV} \qquad (356)$$

dove:

FP è il fattore di potenza di picco, che dipende dal tipo di integrazione nell'edificio del modulo fotovoltaico, (Prospetto LXVII);

AFV è la superficie di captazione dell'impianto fotovoltaico, [m2].

Tipo di modulo fotovoltaico	FFV
Moduli non ventilati	0,70
Moduli moderatamente ventilati	0,75
Moduli molto ventilati o con ventilazione forzata	0,80

Prospetto LXVI - Valori indicativi del fattore di efficienza dell'impianto

(Fonte: pr UNI TS 11300-4)

Tipo di modulo fotovoltaico	Fp (kW/m2)
Silicio monocristallino	0,150
Silicio multicristallino	0,130
Film sottile di silicio amorfo	0,060
Altri strati di film sottile	0,035
Film sottile Copper-Indium-Galium-Diselenide	0,105
Film sottile Cadmium-Telloride	0,095

Prospetto LXVII - Valori indicativi del fattore di potenza di picco

(Fonte: pr UNI TS 11300-4)

Il fattore di efficienza dell'impianto, FFV, tiene conto dell'efficienza dell'impianto fotovoltaico integrato nell'edificio e dipende dall'impianto di conversione da corrente continua a corrente alternata, dalla temperatura operativa reale dei moduli fotovoltaici e dall'integrazione nell'edificio dei moduli stessi.

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/49

E.11 Fabbisogno di energia elettrica per illuminazione

E.11 FABBISOGNO DI ENERGIA ELETTRICA PER ILLUMINAZIONE

E.11.1 Introduzione

Secondo quanto specificato all'interno della Direttiva Europea 2002/91/CE, la determinazione della prestazione energetica di un edificio deve comprendere anche la valutazione del fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione. La metodologia di calcolo presentata di seguito viene applicata ad edifici con destinazione d'uso non residenziale e tiene conto della potenza elettrica installata e, in maniera semplificata, della disponibilità di luce naturale, delle modalità di occupazione e della presenza di eventuali sistemi di controllo sull'accensione del

sistema di illuminazione.

Il fabbisogno di energia elettrica per illuminazione viene valutato, su base mensile, suddividendo ciascuna zona termica in ambienti con caratteristiche illuminotecniche omogenee.

E.11.1.1 Fabbisogno annuale di energia elettrica per illuminazione artificiale di una zona termica

Il fabbisogno annuale di energia elettrica per la sola illuminazione artificiale fissa della zona termica considerata è dato da:

$$E_{L,el,in,yr} = \sum_i \left(W_{P,yr} + \sum_{m=1}^{12} W_{L,m} \right)_i \qquad (357)$$

dove:

EL,el,in,yr è il fabbisogno annuale di energia elettrica per la sola illuminazione fissa della zona termica considerata applicabile solo a destinazioni d'uso non residenziali, [kWh];

i è l'indice dell'ambiente con caratteristiche illuminotecniche omogenee;

WL,m è l'energia elettrica mensile necessaria per l'illuminazione artificiale dell'ambiente i-esimo con caratteristiche illuminotecniche omogenee, [kWh];

WP,yr è l'energia elettrica parassita annuale assorbita dai dispositivi di controllo e dalle batterie di ricarica dei sistemi di illuminazione di emergenza presenti nell'ambiente i-esimo con caratteristiche illuminotecniche omogenee, [kWh].

L'energia elettrica mensile necessaria per l'illuminazione artificiale dell'ambiente con caratteristiche illuminotecniche omogenee, WL,m, è data da:

$$W_{L,m} = \sum_i \left(\frac{\dot{W}_n \cdot F_c \cdot \left[\left(t_D \cdot F_o \cdot F_D \right) + \left(t_N \cdot F_o \right) \right]}{1000} \right)_i \qquad (358)$$

dove:

WL,m è l'energia elettrica mensile necessaria per l'illuminazione artificiale dell'ambiente i-esimo con caratteristiche illuminotecniche omogenee, [kWh];

$\dot{W}_{n,i}$ è la potenza totale installata per l'illuminazione artificiale nell'ambiente i-esimo con caratteristiche illuminotecniche omogenee, [W];

Fc,i è il fattore che tiene conto della presenza di sistemi di controllo per il mantenimento di valori costanti di illuminamento nell'ambiente i-esimo con caratteristiche illuminotecniche omogenee; in presenza di tali sistemi di controllo si assume Fc= 0,9, altrimenti Fc= 1;

tD,i è il tempo in cui vi è disponibilità di luce naturale, tabulato in funzione della destinazione d'uso (Prospetto LXXIV), [h];

Fo,i è il fattore di occupazione che lega l'utilizzo della potenza di illuminazione totale al periodo di permanenza nell'ambiente i-esimo con caratteristiche illuminotecniche omogenee, calcolato in funzione della destinazione d'uso e del sistema di controllo della luce artificiale, si veda § E.11.1.3;

FD,i è il fattore che lega l'utilizzo della potenza di illuminazione totale alla disponibilità di luce diurna nell'ambiente i-esimo con caratteristiche illuminotecniche omogenee, calcolato in funzione della destinazione d'uso e del sistema di controllo della luce artificiale, si veda § E.11.1.2;

tN,i è il tempo in cui non vi è disponibilità di luce naturale, tabulato in funzione della destinazione d'uso, (Prospetto LXXIV), [h].

L'energia elettrica parassita assorbita annualmente dai dispositivi di controllo e dalle batterie di ricarica dei sistemi di illuminazione di emergenza presenti nell'ambiente con caratteristiche illuminotecniche omogenee considerato, Wp,yr, è calcolata forfettariamente secondo la:

$$W_{p,yr} = 6 \cdot A \qquad (359)$$

dove:

WP,yr è l'energia elettrica parassita annuale assorbita dai dispositivi di controllo e dalle batterie di ricarica dei sistemi di illuminazione di emergenza presenti nell'ambiente con caratteristiche illuminotecniche omogenee considerato, [kWh];

A è la superficie utile di pavimento dell'ambiente con caratteristiche illuminotecniche omogenee considerato, [m2].

Per edifici esistenti, la potenza totale installata per l'illuminazione artificiale, $\dot{W}_n$, viene determinata secondo la:

$$Y_H = \frac{A_{ST} \cdot P_H \cdot IAM \cdot \eta_0 \cdot \eta_{loop} \cdot H_{ST}}{Q^*_{NH,s,adj}} \qquad (335)$$

dove:

$\dot{W}_n$ è la potenza totale installata per l'illuminazione artificiale nell'ambiente con caratteristiche illuminotecniche omogenee considerato, [W];

$\dot{W}_n$ è la potenza installata per unità di superficie utile, assunta pari a 25 W/m2 per edifici adibiti ad ospedali, cliniche o case di cura ed assimilabili e a 20 W/m2 per tutte le altre destinazioni d'uso;

A è la superficie utile di pavimento dell'ambiente con caratteristiche illuminotecniche omogenee considerato, [m2].

Per edifici di nuova costruzione, nell'equazione (358) deve essere utilizzata la potenza totale, $\dot{W}_n$, effettivamente installata o di progetto.

E.11.1.2 Calcolo del fattore FD

Il fattore che lega l'utilizzo della potenza di illuminazione totale alla disponibilità di luce diurna, calcolato su base mensile, è dato da:

$$F_D = 1 - (F_{D,S} \cdot F_{D,C} \cdot c_{D,S}) \qquad (361)$$

dove:

FD è il fattore che lega l'utilizzo della potenza di illuminazione totale alla disponibilità di luce diurna nell'ambiente con caratteristiche illuminotecniche omogenee considerato, calcolato in funzione della destinazione d'uso e del sistema di controllo della luce artificiale;

FDS è il fattore di disponibilità di luce naturale nell'ambiente con caratteristiche illuminotecniche omogenee considerato, si veda § E. 11.1.2.1;

FD,C è il fattore che tiene conto del sistema di controllo della luce artificiale per ottimizzare l'uso di quella naturale nell'ambiente con caratteristiche illuminotecniche omogenee considerato, si veda § E. 11.1.2.2;

cD,S è il fattore di ridistribuzione mensile, si veda § E. 11.1.2.3.

E. 11.1.2.1 Calcolo del fattore di disponibilità di luce naturale, FDS

Il fattore di disponibilità di luce naturale nell'ambiente con caratteristiche illuminotecniche omogenee è calcolato secondo la:

$$F_{D,S} = a + b \cdot \phi \qquad (362)$$

dove:

FDS è il fattore di disponibilità di luce naturale nell'ambiente con caratteristiche illuminotecniche omogenee considerato, si veda § E. 11.1.2.1;

a,b coefficienti adimensionali (Prospetto LXVIII);

ϕ latitudine del sito, assunta pari a 45°.

Destinazioni d'uso	Fattore di luce diurna	a	b
Collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme,conventi Alberghi, pensioni	D < 1%	0	0
Edifici adibiti ad attività ricreative, associative e di culto	1 % ≤ D < 2%	1,2425	-0,0117

Attività industriali, attività commerciali e assimilabili (esclusi lavori di precisione) Edifici adibiti ad attività sportive Edifici adibiti ad attività scolastiche Ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili: corsie, sale d'attesa, corridoi	2% ≤ D < 3%	1,3097	-0,0106
	D ≥ 3 %	1,2904	-0,0088
Edifici per uffici e assimilabili	D < 1%	0	0
	1% ≤ D < 2%	0,9432	-0,0094
	2% ≤ D < 3%	1,2425	-0,0117
	D ≥ 3 %	1,322	-0,011
Attività industriali, attività commerciali e assimilabili: lavori di precisione Ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili: locali per visite, sale operatorie	D < 1%	0	0
	1% ≤ D < 2%	0,6692	-0,0067
	2% ≤ D < 3%	1,0054	-0,0098
	D ≥ 3 %	1,2812	-0,0121

Prospetto LXVIII - Coefficienti per la determinazione del fattore di disponibilità di luce naturale, FD,S

(Fonte: UNI EN 15193:2008; UNI EN 12464-1:2004)

Il fattore di luce diurna, D, utilizzato nel Prospetto LXVIII, che tiene conto del sistema finestrato ma non della presenza di sistemi schermanti, è calcolato: per facciate vetrate a doppia pelle:

$$D = D_C \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \qquad (363)$$

per tutti gli altri casi:

$$D = D_C \cdot \tau_{D65} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \qquad (364)$$

dove:

D è il fattore di luce diurna per l'ambiente con caratteristiche illuminotecniche omogenee considerato, [%];

DC è il fattore di luce diurna per i generici vani finestra (aperture nell'involucro opaco, senza considerare la presenza di serramento e sistemi schermanti), [%];

τd65 è il fattore di trasmissione luminosa della superficie vetrata, in assenza di dati forniti dal costruttore si veda Prospetto LXIX;

k1 è un fattore che tiene conto del telaio della facciata vetrata, dato dal rapporto tra la superficie vetrata e la superficie del serramento, assunto pari a 0,8;

k2 è un fattore che tiene conto dei depositi sulla superficie vetrata, assunto pari a 0,8;

k3 è un fattore che tiene conto dell'incidenza della luce con direzione non normale alla superficie vetrata, assunto pari a 0,9.

Pertanto, per facciate vetrate a doppia pelle si ha:

$$D = 0{,}576 \cdot D_C \qquad (365)$$

per tutti gli altri casi:

$$D = 0{,}576 \cdot D_C \cdot \tau_{D65} \qquad (366)$$

Il fattore di luce diurna per i generici vani finestra (aperture nell'involucro opaco, senza considerare la presenza di serramenti e sistemi schermanti), caratterizzati dal medesimo indice di ostruzione, si calcola secondo la:

$$D_C = \left(4{,}13 + 20 \cdot I_T - 1{,}36 \cdot I_{DE}\right) \cdot I_O \qquad (367)$$

dove:

DC è il fattore di luce diurna per i generici vani finestra (aperture nell'involucro opaco, senza considerare la presenza di serramento e sistemi schermanti), [%];

IT è l'indice di trasparenza dell'ambiente con caratteristiche illuminotecniche omogenee considerato;

Ide è l'indice di profondità dell'ambiente con caratteristiche illuminotecniche omogenee considerato;

Io è l'indice di ostruzione.

In riferimento alle definizioni riportate nella UNI EN 15193, l'indice di profondità dell'ambiente che beneficia della luce naturale, Ide, è assunto pari a 2,5, per cui la (367) diventa:

$$D_C = \left(0{,}73 + 20 \cdot I_T\right) \cdot I_O \qquad (368)$$

dove:

DC è il fattore di luce diurna per i generici vani finestra (apertura nell'involucro opaco, senza considerare la

presenza di serramento e sistemi schermanti), [%];

It è l'indice di trasparenza dell'ambiente con caratteristiche illuminotecniche omogenee considerato;

Io è l'indice di ostruzione.

Per facciate vetrate a doppia pelle, sostituendo la (368) nella (365), si ha:

$$D = 0{,}576 \cdot (0{,}73 + 20 \cdot I_T) \cdot I_O \qquad (369)$$

Per tutti gli altri casi, sostituendo la (368) nella (366), si ha:

$$D = 0{,}576 \cdot (0{,}73 + 20 \cdot I_T) \cdot I_O \cdot \tau_{D65} \qquad (370)$$

dove:

D è il fattore di luce diurna per l'ambiente con caratteristiche illuminotecniche omogenee considerato, [%];

It è l'indice di trasparenza della zona considerata;

Io è l'indice di ostruzione;

τd65 è il fattore di trasmissione luminosa della superficie vetrata, in assenza di dati forniti dal costruttore si veda Prospetto LXIX.

Tipo di vetro	τd65
Vetro singolo	0,90
Vetro singolo selettivo	0,85
Doppio vetro normale	0,82
Doppio vetro con rivestimento selettivo	0,78
Triplo vetro normale	0,75
Triplo vetro con rivestimento selettivo	0,69

Prospetto LXIX - Valori convenzionali del fattore di trasmissione luminosa, τd65

(Fonte: UNI EN 15193:2008)

L'indice di trasparenza dell'ambiente con caratteristiche illuminotecniche omogenee considerato, IT, è dato da:

$$I_T = \frac{A_{w,tot}}{A} \qquad (371)$$

dove:

It è l'indice di trasparenza dell'ambiente con caratteristiche illuminotecniche omogenee considerato;

Awtot è la superficie totale dei serramenti (vetro+telaio) con medesimo indice di ostruzione presenti nell'ambiente con caratteristiche illuminotecniche omogenee considerato, [m2];

A è la superficie utile di pavimento dell'ambiente con caratteristiche illuminotecniche omogenee considerato, [m2].

L'indice di ostruzione viene calcolato secondo la seguente espressione:

$$I_O = F_h \cdot F_o \cdot F_f \cdot F_{CA} \cdot F_{GDF} \qquad (372)$$

dove:

Fh è il fattore di ombreggiatura parziale dovuto ad ostruzioni esterne (Prospetto XVI);

Fo è il fattore di ombreggiatura parziale dovuto ad aggetti orizzontali, (Prospetto XVII);

Ff è il fattore di ombreggiatura parziale dovuto ad aggetti verticali, (Prospetto XVIII);

FCa è il fattore correttivo che tiene conto di affacci prospicienti corti e atri, assunto pari a 1;

FGDF è il fattore correttivo per facciate vetrate a doppia pelle, calcolato secondo la (373); in assenza di facciate vetrate a doppia pelle FGDF è assunto pari a 1.

NOTA: in assenza di ostruzioni, l'indice di ostruzione, Io, viene assunto pari a 1.

Il fattore correttivo per facciate vetrate a doppia pelle è dato da:

$$F_{GDF} = \tau_{GDF} \cdot k_{GDF,1} \cdot k_{GDF,2} \cdot k_{GDF,3} \qquad (373)$$

dove:

FGDF è il fattore correttivo per facciate vetrate a doppia pelle, in assenza di facciate vetrate a doppia pelle FGDF è assunto pari a 1;

τGDF è il fattore di trasmissione luminosa del vetro ad incidenza normale fornito dal costruttore;

kGDF,1 è un fattore che tiene conto del telaio della facciata vetrata a doppia pelle, dato dal rapporto tra la

superficie vetrata e la superficie del serramento, assunto pari a 0,8;

kGDF,2 è un fattore che tiene conto dei depositi sulla superfici vetrata, assunto pari a 0,8;

kGDF,3 è un fattore che tiene conto dell'incidenza della luce con direzione non normale alla facciata vetrata, assunto pari a 0,9.

Per facciate vetrate a doppia pelle l'indice di ostruzione, Io, di conseguenza, assume la seguente forma:

$$I_o = F_h \cdot F_o \cdot F_f \cdot 1 \cdot \tau_{GDF} \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}9 = 0{,}576 \cdot F_h \cdot F_o \cdot F_f \cdot \tau_{GDF} \quad (374)$$

dove:

Io è l'indice di ostruzione;

Fh è il fattore di ombreggiatura parziale dovuto ad ostruzioni esterne, (Prospetto XVI);

Fo è il fattore di ombreggiatura parziale dovuto ad aggetti orizzontali, (Prospetto XVII);

Ff è il fattore di ombreggiatura parziale dovuto ad aggetti verticali, (Prospetto XVIII);

GDF è il fattore di trasmissione luminosa del vetro ad incidenza normale fornito dal costruttore.

Per tutti gli altri casi, invece, Io assume la seguente forma:

$$I_O = F_h \cdot F_o \cdot F_f \quad (375)$$

E.11.1.2.2 Calcolo del fattore FD,C

Il fattore FD,C, utilizzato nell'equazione (361), tiene conto del sistema di controllo della luce artificiale per ottimizzare l'uso di quella naturale. Tale fattore viene determinato in funzione dell'ingresso di luce naturale nella zona considerata, cioè del fattore di luce diurna D.

Tipo di sistema di controllo	FD,C		
	$1\% \leq D < 2\%$	$2\% \leq D < 3\%$	$D \geq 3\%$
Manuale	0,20	0,30	0,40
Automatico, con sensore	0,75	0,77	0,85

Prospetto LXX - Valori del fattore FD,C in funzione del tipo di regolazione e dell'ingresso di luce naturale

(Fonte: UNI EN 15193:2008)

E.11.1.2.3 Calcolo del fattore di ridistribuzione mensile cD,S

La quantità (FD,S·FD,C) è determinata su base annuale, di conseguenza per effettuare il calcolo su base mensile è necessario introdurre il fattore di ridistribuzione cD,S definito al Prospetto LXXI, in funzione del fattore di luce diurna D. Si definisce un valore mensile, F, dato dalla:

$$F^* = F_{D,S} \cdot F_{D,C} \cdot c_{D,S} \qquad (376)$$

Per ogni mese in cui si ha:

$$F_i^* \geq 1 \text{ si pone } F_i^* = 1 \qquad (377)$$

dove:

i è il pedice identificativo dei mesi in cui risulta Fi*≥1

Si procede poi alla definizione della quantità $\hat{F}$ come:

$$\hat{F} = \sum_i \left(F^* - 1\right)_i \qquad (378)$$

Tale quantità viene ridistribuita in maniera pesata proporzionalmente al numero di giorni dei mesi in cui risulta Fj<1; se necessario, si procede per iterazioni successive fino a completa ridistribuzione delle quantità $\hat{F}$.

Per i mesi in cui risulta F*<1 si ha quindi:

$$F_j^* = F^* + \hat{F} \cdot \frac{N_j}{\sum_j N_j} \qquad (379)$$

dove:

Nj è il numero di giorni del mese j-esimo in cui risulta F*<1;

j è il pedice identificativo dei mesi in cui risulta F*<1;

Ingresso di luce naturale	Fattore di ridistribuzione mensile CD,S											
	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.
1% ≤ D < 2%	0,49	0,74	1,09	1,26	1,35	1,41	1,38	1,31	1,09	0,87	0,56	0,42

2% ≤ D < 3%	0,59	0,84	1,11	1,21	1,25	1,27	1,26	1,25	1,11	0,94	0,66	0,51
D ≥ 3 %	0,70	0,92	1,10	1,14	1,17	1,16	1,17	1,17	1,10	0,98	0,76	0,63

Prospetto LXXI - Valori del fattore di ridistribuzione mensile cD,S

(Fonte: UNI EN 15193:2008)

E.11.1.3 Calcolo del fattore di occupazione Fo

Il fattore di occupazione, Fo, lega l'utilizzo della potenza di illuminazione totale al periodo di permanenza nella zona considerata. Per i casi riportati di seguito, ad esclusione delle sale riunioni, si assume Fo=1:

- il sistema di accensione dell'impianto di illuminazione è "centralizzato", cioè l'accensione dell'impianto avviene contemporaneamente in più di una zona, indipendentemente dalla tipologia di sistema di accensione (automatico, manuale...);

- la superficie utile illuminata da un gruppo di apparecchi che vengono manualmente o automaticamente accesi contemporaneamente è superiore a 30 m2.

In tutti gli altri casi e per le sale riunioni si assumono valori di Fo<1, calcolati in funzione del fattore di assenza FA, come segue:

$$\text{se } 0 \le F_A < 0{,}2 \quad \text{allora } F_o = 1 - \left[\frac{(1 - F_{OC}) \cdot F_A}{2}\right] \qquad (380)$$

$$\text{se } 0{,}2 \le F_A < 0{,}9 \quad \text{allora } F_o = F_{OC} + 0{,}2 - F_A \qquad (381)$$

$$\text{se } 0{,}9 \le F_A \le 1{,}0 \quad \text{allora } F_o = \left[7 - (10 \cdot F_{OC})\right] \cdot (F_A - 1) \qquad (382)$$

dove:

FOC è il fattore che dipende dalla tipologia di sistema di controllo dell'illuminazione in funzione dell'occupazione degli ambienti con caratteristiche illuminotecniche omogenee, (Prospetto LXXII);

FA è il fattore che fornisce la percentuale di tempo in cui la zona non è occupata e dipende dalla destinazione d'uso della zona considerata, (Prospetto LXXIII).

Sistemi senza sensori di presenza	FOC

Manuale ON/OFF	1,00
Manuale ON/OFF + sistema automatico di spegnimento notturno	0,95
Sistemi con sensori di presenza	FOC
Auto ON/Variatore di luce	0,95
Auto ON/Auto OFF	0,90
Manuale ON/Variatore di luce	0,90
Manuale ON/Auto OFF	0,80

Prospetto LXXII - Valori del fattore FOC

(Fonte: UNI EN 15193:2008)

Categoria di edificio	Destinazione d'uso	FA
E.1 (3)	Edifici adibiti ad albergo, pensioni ed attività similari	0,0
E.2	Edifici adibiti ad uffici ed assimilabili	0,2
E.3	Edifici adibiti ad ospedali, cliniche o case di cura ed assimilabili	0,0
E.4 (1)	Cinema e teatri, sale di riunione per congressi	0,5
E.4 (2)	Luoghi di culto, mostre, musei e biblioteche	0,0
E.4 (3)	Bar, ristoranti, sale da ballo	0,0
E.5	Edifici adibiti ad attività commerciali ed assimilabili	0,0

E.6 (1)	Piscine, saune ed assimilabili	0,0
E.6 (2)	Palestre ed assimilabili	0,0
E.6 (3)	Servizi di supporto alle attività sportive	0,3
E.7	Edifici adibiti ad attività scolastiche di tutti i livelli e assimilabili	0,2
E.8	Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali ed assimilabili	0,0

Prospetto LXXIII - Valori del fattore FA

(Fonte: UNI EN 15193:2008)

Categoria di edificio	Destinazione d'uso	Gen		Feb		Mar		Apr		Mag		Giu	
		tD	tN	tD	tN	tD	tN	tD	tN	tD	tN	tD	tN
E.1 (3)	Edifici adibiti ad albergo, pensioni ed attività similari	255	17	230	15,3	255	17	247	16,4	255	17	247	16,4
E.2	Edifici adibiti ad uffici ed assimilabili	191	17	173	15,3	191	17	185	16,4	191	17	185	16,4
E.3	Edifici adibiti ad ospedali, cliniche o case di cura ed assimilabili	255	17	230	15,3	255	17	247	16,4	255	17	247	16,4
E.4 (1)	Cinema e teatri, sale di riunione per congressi	191	17	173	15,3	191	17	185	16,4	191	17	185	16,4

E.4 (2)	Luoghi di culto, mostre, musei e biblioteche	191	17	173	15,3	191	17	185	16,4	191	17	185	16,4
E.4 (3)	Bar, ristoranti, sale da ballo	106	10,6	95,9	9,59	106	10,6	103	10,3	106	10,6	103	10,3
E.5	Edifici adibiti ad attività commerciali ed assimilabili	255	17	230	15,3	255	17	247	16,4	255	17	247	16,4
E.6 (1)	Piscine, saune ed assimilabili	170	17	153	15,3	170	17	164	16,4	170	17	164	16,4
E.6 (2)	Palestre ed assimilabili	170	17	153	15,3	170	17	164	16,4	170	17	164	16,4
E.6 (3)	Servizi di supporto alle attività sportive	170	17	153	15,3	170	17	164	16,4	170	17	164	16,4
E.7	Edifici adibiti ad attività scolastiche di tutti i livelli e assimilabili	153	17	138	15,3	153	17	148	16,4	153	17	148	16,4
E.8	Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali ed assimilabili	212	12,7	192	11,5	212	12,7	205	12,3	212	12,7	205	12,3

Categoria di	Destinazione d'uso	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic

edificio		tD	tN	tD	tN	tD	tN	tD	tN	tD	tN	tD	tN
E.1 (3)	Edifici adibiti ad albergo, pensioni ed attività similari	255	17	255	17	247	16,4	255	17	247	16,4	255	17
E.2	Edifici adibiti ad uffici ed assimilabili	191	17	191	17	185	16,4	191	17	185	16,4	191	17
E.3	Edifici adibiti ad ospedali, cliniche o case di cura ed assimilabili	255	17	255	17	247	16,4	255	17	247	16,4	255	17
E.4 (1)	Cinema e teatri, sale di riunione per congressi	191	17	191	17	185	16,4	191	17	185	16,4	191	17
E.4 (2)	Luoghi di culto, mostre, musei e biblioteche	191	17	191	17	185	16,4	191	17	185	16,4	191	17
E.4 (3)	Bar, ristoranti, sale da ballo	106	10,6	106	10,6	103	10,3	106	10,6	103	10,3	106	10,6
E.5	Edifici adibiti ad attività commerciali ed assimilabili	255	17	255	17	247	16,4	255	17	247	16,4	255	17
E.6 (1)	Piscine, saune ed assimilabili	170	17	170	17	164	16,4	170	17	164	16,4	170	17

E.6 (2)	Palestre ed assimilabili	170	17	170	17	164	16,4	170	17	164	16,4	170	17
E.6 (3)	Servizi di supporto alle attività sportive	170	17	170	17	164	16,4	170	17	164	16,4	170	17
E.7	Edifici adibiti ad attività scolastiche di tutti i livelli e assimilabili	153	17	153	17	148	16,4	153	17	148	16,4	153	17
E.8	Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali ed assimilabili	212	12,7	212	12,7	205	12,3	212	12,7	205	12,3	212	12,7

Prospetto LXXIV - Numero di ore al mese in cui vi è disponibilità di luce naturale, tD, e in cui non vi è disponibilità di luce naturale, tN

(Fonte: Ricavato in riferimento alla UNI EN 15193:2008)

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/50

E.12 Emissioni di gas ad effetto serra

E.12 EMISSIONI DI GAS AD EFFETTO SERRA

La quantità di emissioni gas climalteranti, MCO2, viene calcolata in funzione del/i combustibile/i utilizzati secondo la:

$$M_{CO2} = \sum_i E_{fuel,del,i} \cdot f_{em,fuel,i} + \sum_j E_{fuel,ren,j} \cdot f_{em,fuel,ren,j} + E_{el,del} \cdot f_{em,el} \quad (383)$$

Efuel,del,i è l'energia fornita all'edificio dall'i-esimo vettore energetico non elettrico e non rinnovabile (gas, olio combustibile, ecc.), [kWh];

fem,fuel,i è il fattore di emissione dell'i-esimo vettore energetico non elettrico e non rinnovabile (gas, olio combustibile, ecc.), (Prospetto LXXV), [kg CO2eq/kWh];

Efuel,ren,j è l'energia fornita all'edificio dal j-esimo vettore energetico non elettrico rinnovabile (biomasse, RSU, biogas, ecc.), [kWh];

fem,fuel,ren,j è il fattore di emissione del j-esimo vettore energetico non elettrico rinnovabile (biomasse, RSU, biogas, ecc.), (Prospetto LXXV), [kg CO2eq/kWh];

Eel,del è l'energia elettrica complessivamente fornita all'edificio, [kWh];

fem,el è il fattore di emissione del vettore energetico energia elettrica, (Prospetto LXXV), [kg CO2eq/kWh].

Tipo di combustibile	Fattore di emissione	Valore [kg CO2eq/kWh];
Gas naturale	fem,fuel	0,1998
GPL		0,2254
Gasolio		0,2642
Olio combustibile		0,2704
Biomasse	fem,fuel,ren	0
RSU		0,1703
Energia elettrica	fem,el	0,4332

Prospetto LXXV - Fattori di emissione per il calcolo della quantità di CO2eq

(Fonte: Piano d'Azione per l'Energia della Regione Lombardia d.g.r. 8/4916 e s.m.i.; Terna)

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/51

Allegato 1 - Corrispondenza tra categoria catastale e destinazione d'uso

Categoria catastale degli edifici		Classificazione generale degli edifici per categoria secondo il d.P.R. 412/93
A/1	Abitazione di tipo signorile	E.1 (1) o E.1 (2)
A/2	Abitazione di tipo civile	E.1 (1) o E.1 (2)
A/3	Abitazione di tipo economico	E.1 (1) o E.1 (2)
A/4	Abitazione di tipo popolare	E.1 (1) o E.1 (2)
A/5	Abitazione di tipo ultrapopolare	E.1 (1) o E.1 (2)
A/6	Abitazione di tipo rurale	E.1 (1) o E.1 (2)
A/7	Abitazione in villini	E.1 (1) o E.1 (2)
A/8	Abitazione in ville	E.1 (1) o E.1 (2)
A/9	Castelli, palazzi di pregio artistico o storico	E.1 (1) o E.1 (2)
A/10	Uffici e/o studi privati	E.2
A/11	Abitazioni o alloggi tipici dei luoghi (es. rifugi, baite, trulli, ecc.)	E.1 (1) o E.1 (2)
B/1	Collegi, convitti, educandati, ricoveri, orfanotrofi, ospizi, seminari, caserme, conventi	E.1 (1)
B/2	Case di cura e ospedali	E.3
B/3	Riformatori e prigioni	E.1 (1)
B/4	Uffici pubblici	E.2

B/5	Scuole e/o laboratori scientifici	E.7
B/6	Pinacoteche, biblioteche, musei, gallerie d'arte, accademie che non hanno sede nella categoria A/9	E.4 (2)
B/7	Cappelle ed oratori non destinati all'esercizio pubblico del culto	E.4 (2)
B/8	Magazzini sotterranei per depositi di derrate	E.8
C/1	Negozi e botteghe	E.5 o E.4 (3)
C/2	Magazzini e locali di deposito	E.8
C/3	Laboratori e locali di deposito	E.8
C/4	Fabbricati per arti e mestieri	E.8
C/6	Stalle, scuderie, rimesse ed autorimesse	E.8
D/1	Opifici	E.8
D/2	Alberghi e pensioni	E.1 (3)
D/3	Teatri, cinema, sale per concerti / spettacoli e simili	E.4 (1)
D/4	Case di cura ed ospedali	E.3
D/5	Istituti di credito, cambio ed assicurazione	E.2
D/6	Fabbricati e locali per attività sportive	E.6 (1) - E.6 (2) - E.6 (3)
D/7	Fabbricati costruiti o comunque adattati per le speciali esigenze legate ad una attività industriale e non suscettibili di diversa utilizzazione se non con radicali trasformazioni	E.8

D/8	Fabbricati costruiti o comunque adattati per speciali esigenze di una attività commerciale e non suscettibili di diversa utilizzazione se non con radicali trasformazioni	E.5
D/10	Residence	E.1 (3)
D/11	Scuole e/o laboratori scientifici privati	E.7

Tabella A1 - Corrispondenza tra categorie catastali degli edifici e classificazione generale degli stessi per categorie.

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/52

Appendice A - Calcolo della temperatura degli ambienti non serviti da impianto termico

La temperatura di una zona o ambiente non servito da un impianto termico, ϑu, e confinate con altri ambienti e zone a temperatura controllata e l'ambiente esterno è determinata attraverso la seguente espressione:

$$\theta_u = \frac{\left(\frac{Q_{SI}+Q_I}{\Delta t}\right)+\sum_{j=1}^{N}\left(H_{T,ju}\theta_j+H_{V,ju}\theta_j\right)}{\sum_{j=1}^{N}\left(H_{T,ju}+H_{V,ju}\right)} = \frac{\left(\frac{Q_{SI}+Q_I}{\Delta t}\right)+\sum_{j=1}^{N_T}\left(H_{T,ju}\theta_j\right)+\sum_{j=1}^{N_V}\left(H_{V,ju}\theta_j\right)}{\sum_{j=1}^{N_T}\left(H_{T,ju}\right)+\sum_{j=1}^{N_V}\left(H_{V,ju}\right)} \quad \text{con } N_T \geq N_V \qquad (A.1)$$

dove:

QSI è l'energia solare mensile entrante nell'ambiente non servito dall'impianto termico attraverso i suoi serramenti, [kWh];

QSI è l'energia mensile entrante nell'ambiente non servito dall'impianto termico dovuta a persone e cose, [kWh];

Δt è la durata del mese considerato, [kh];

HT,ju è il coefficiente di scambio termico per trasmissione tra la zona j-esima (compreso l'ambiente esterno) e la zona o ambiente non servito da impianto termico (u), [W/K];

HV,ju è il coefficiente di scambio termico per ventilazione/infiltrazione tra la zona j-esima limitrofa (compreso l'ambiente esterno) e la zona o ambiente non servito da impianto termico (u), [W/K];

ϑj è la temperatura della zona j-esima a temperatura controllata o dell'ambiente esterno, [°C];

N è il numero totale di zone con le quali si ha interazione termica (compreso l'ambiente esterno);

NT è il numero totale di zone con le quali si ha trasmissione termica (compreso l'ambiente esterno);

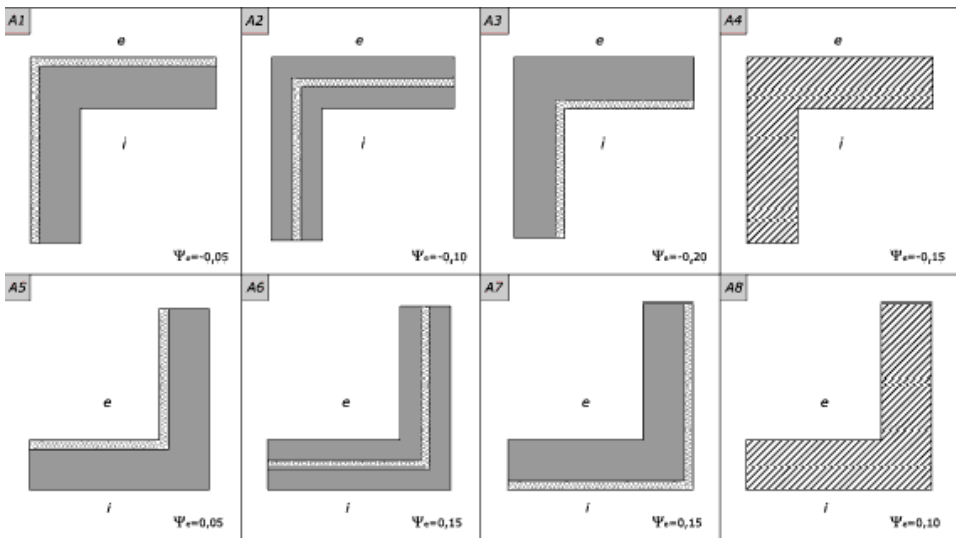
NV è il numero totale di flussi di ventilazione/infiltrazione.

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

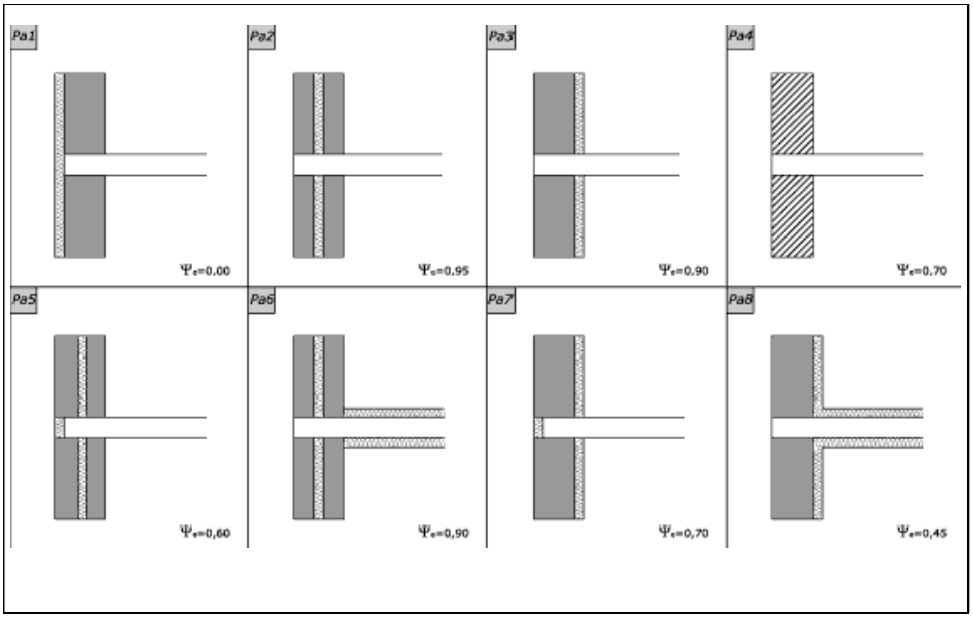
Allegato 1/53

Appendice B - Abaco dei ponti termici

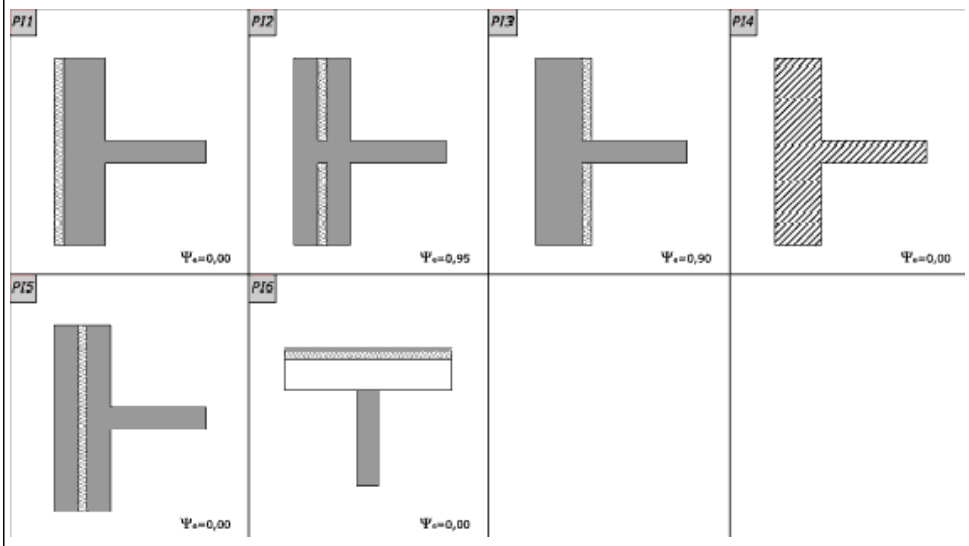
(informativa)

Angoli


Pavimenti

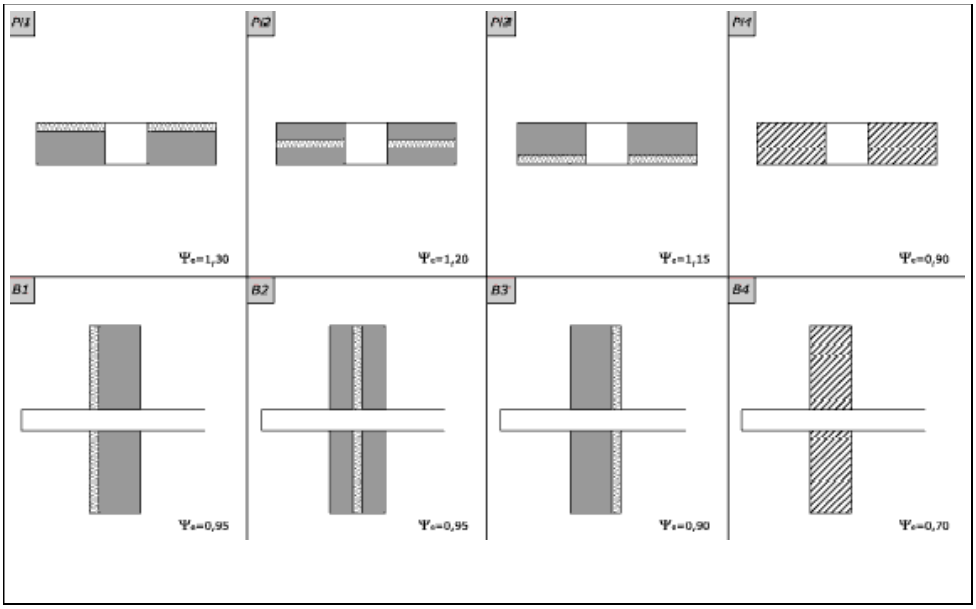


Pareti interne

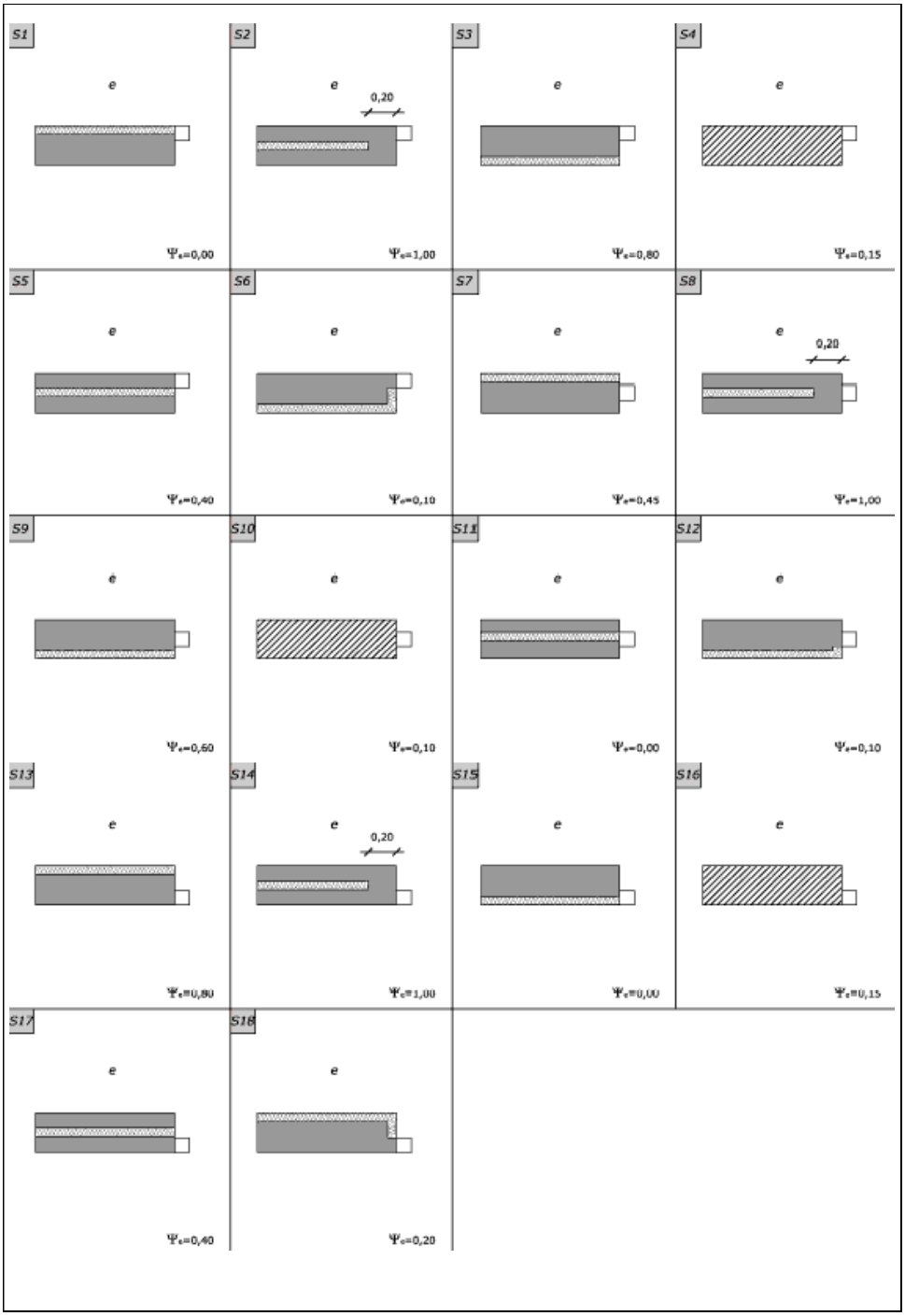


Pilastri e balconi

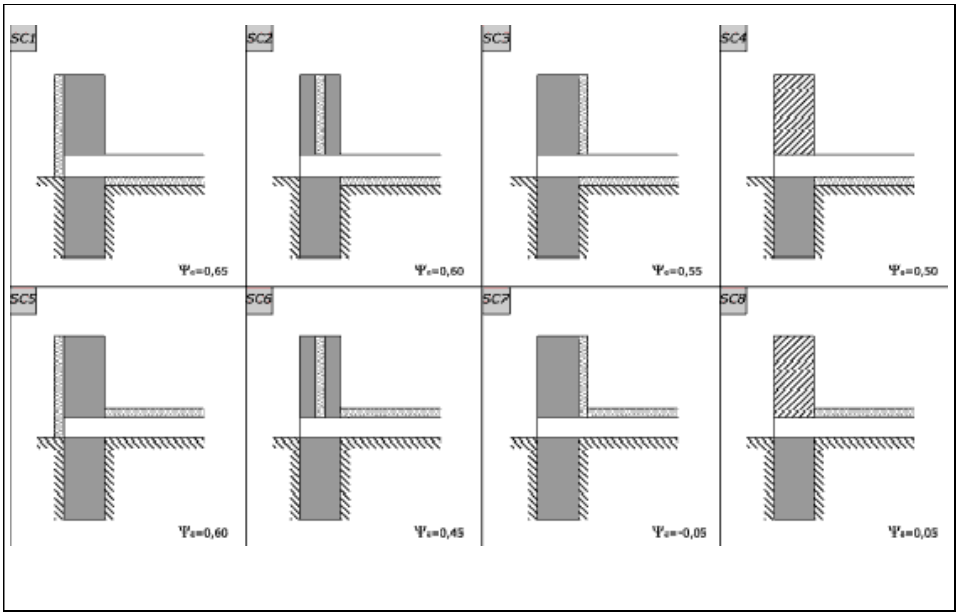
g



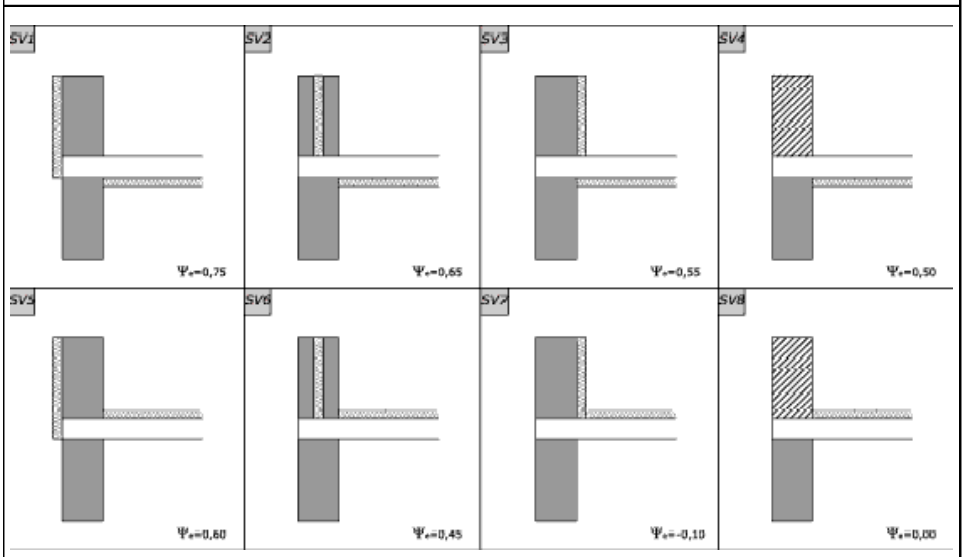
Serramenti di porte e finestre



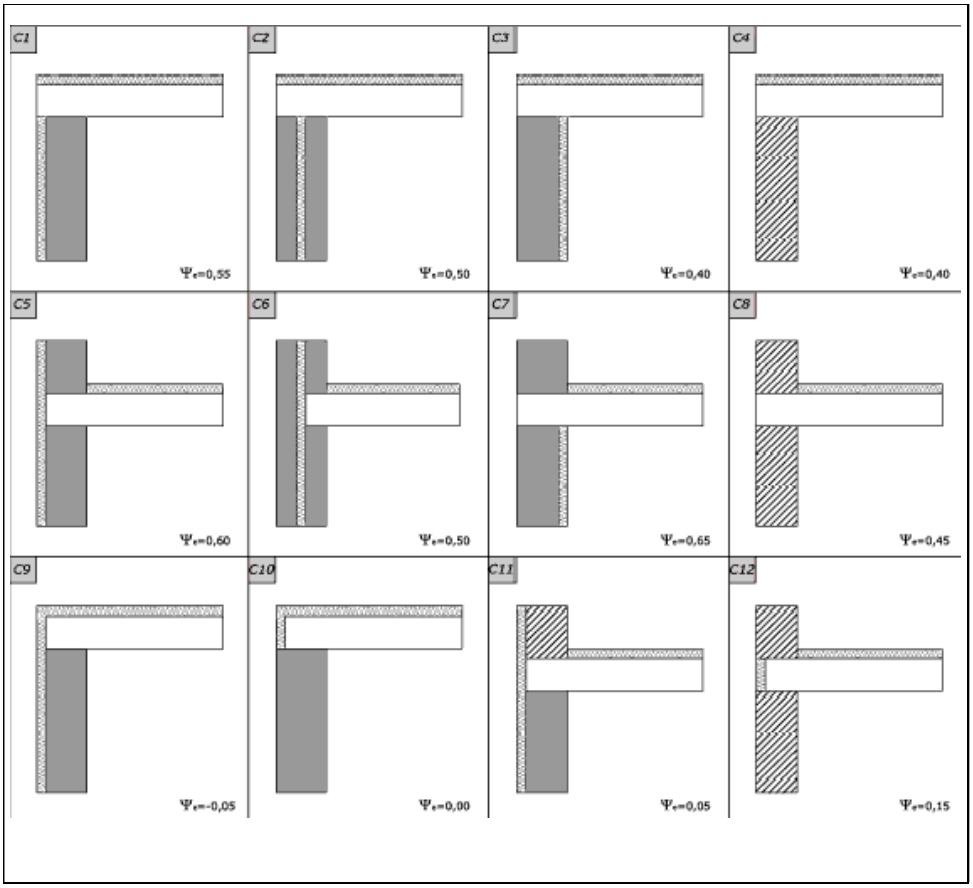
Solai controterra



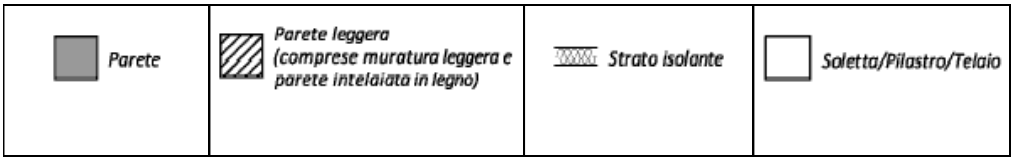
Solai su vespaio



Coperture



Legenda



Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/54

Appendice C - Calcolo della trasmittanza termica lineica

(informativa)

C.1 TRASMITTANZA TERMICA LINEICA DEI GIUNTI

La presente appendice intende fornire una metodologia per la determinazione della trasmittanza termica lineica al fine del calcolo dello scambio termico per trasmissione attraverso i ponti termici.

Il coefficiente di scambio termico per trasmissione, HT, verrà calcolato attraverso l'equazione:

$$H_T = \sum_k A_{L,k} \cdot U_k \cdot \frac{\theta_i - \theta_a}{\theta_i - \theta_e} \qquad (C.1)$$

con

$$U_k = \frac{\sum_j A_{L,j} \cdot U_j + \sum_i \psi_{e,i} \cdot l_{e,i}}{\sum_j A_{L,j} \cdot U_j} \qquad (C.2)$$

dove:

ALj è l'area lorda di ciascun componente, j, della struttura k-esima che separa la zona climatizzata o a temperatura controllata dall'ambiente circostante, [m2];

Uj è la trasmittanza termica di ciascun componente, j, uniforme della struttura k-esima che separa la zona climatizzata o a temperatura controllata dall'ambiente circostante, [W/m2K];

Φe,i è la trasmittanza termica lineica dell'i-esimo ponte termico lineare attribuito alla struttura k-esima, basata sulle dimensioni esterne, [W/mK];

le,i è la lunghezza applica caratteristica del ponte termico i-esimo, [m].

C.1.1 Giunto tra parete e serramento

Di seguito si fornisce la trasmittanza termica lineica per grado Kelvin e per metro di perimetro del vano di finestre, porte-finestre e porte esterne.

C.1.1.1 Pareti senza isolamento o con isolamento interno

In funzione della posizione del telaio la trasmittanza termica lineica viene calcolata con le seguenti relazioni: telaio a filo interno o in mezzeria (Figura C. 1 e Figura C.2):

$$\Psi_i = \frac{0{,}9 \cdot s}{1{,}25 + R_{ps}} \qquad (C.3)$$

telaio a filo esterno (Figura C.3):

$$\Psi_i = \frac{14 \cdot s}{1{,}25 + R_{ps}} \qquad (C.4)$$

dove:

s è lo spessore della parete, [m];

Rps è la resistenza termica della parete in corrispondenza del vano della finestra, escluse le resistenze termiche

superficiali, [m2K/W].

NOTA: qualora il davanzale o l'architrave siano costituiti da elementi in calcestruzzo, nelle (C.3) e (C.4) deve essere utilizzata la resistenza termica dell'elemento in calcestruzzo. Nel caso di serramento doppio, se lo spessore dell'infisso è piccolo rispetto allo spessore della parete, il calcolo deve essere effettuato come se si trattasse di una finestra semplice. Nel caso in cui lo spessore totale dell'infisso sia circa uguale a quello della parete e nel caso in cui un serramento sia a filo interno e l'altro a filo esterno, la trasmittanza termica lineica deve essere assunta pari a zero.

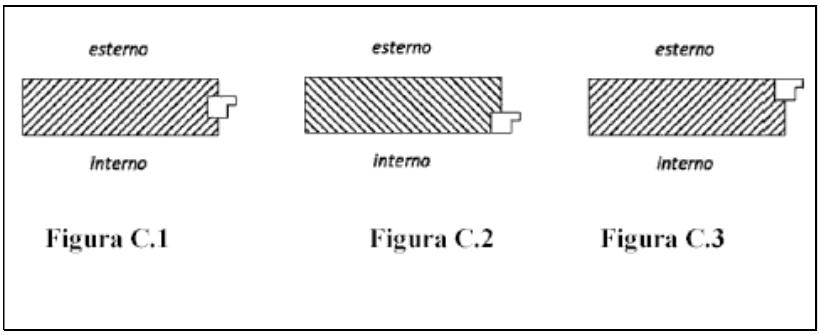


Figura C.1 Figura C.2 Figura C.3

C.1.1.2

Pareti con isolamento termico esterno

In funzione di come è posizionato l'isolamento in corrispondenza dello stipite, la trasmittanza termica lineica viene calcolata con le seguenti relazioni:

- isolamento interrotto in corrispondenza dello stipite (Figura C.4 e Figura C.5):

$$\Psi = \frac{0,6 \cdot s}{0,06 + R_{ie}} \qquad (C.5)$$

- isolamento che ricopre lo stipite

$$\Psi = 0,6 \cdot U \qquad (C.6)$$

dove:

s è lo spessore della parete, [m];

Rie è la resistenza termica della parte di parete interna all'isolamento termico, [m2K/W];

U è la trasmittanza unitaria della parete [W/m2K].

Nei casi in cui l'infisso sia posto a filo esterno, la trasmittanza termica unitaria della parete si assume nulla (Figura C.6 e Figura C.7)

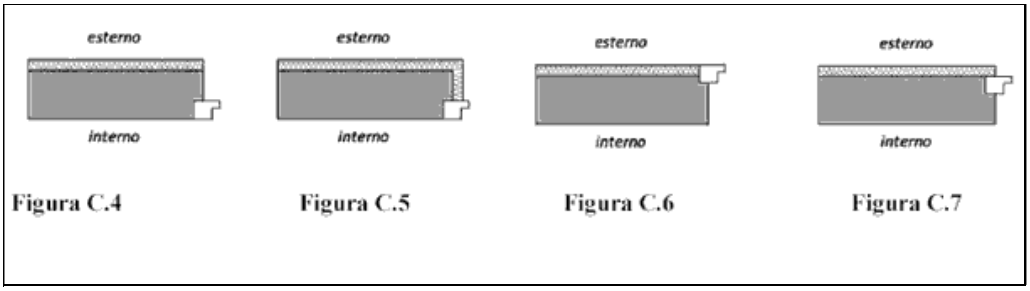


Figura C.4 Figura C.5 Figura C.6 Figura C.7

C.1.1.2 Pareti con isolamento termico interno

Se l'infisso è posto a filo esterno, l'espressione della trasmittanza termica lineica varia a secondo che l'isolamento sia interrotto in corrispondenza dello stipite (Figura C.8) o lo ricopra (Figura C.9). La trasmittanza termica lineica si calcola mediante la relazione (C.4) nel primo caso e (C.5) nel secondo caso. Nei casi in cui l'infisso venga posto a filo interno, la trasmittanza termica lineare è nulla (Figura C.10 e Figura C.11).

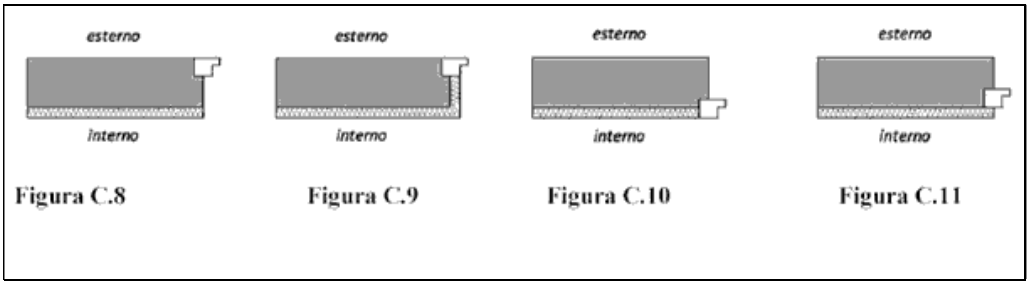


Figura C.8 Figura C.9 Figura C.10 Figura C.11

C. 1.2 Spigolo costituito da due pareti esterne

Di seguito si fornisce la trasmittanza termica lineica per grado Kelvin e per metro di giunto sia che si tratti di spigolo sporgente sia di spigolo rientrante.

C.1.2.1 Pareti senza isolamento o con isolamento interno

Se le due pareti sono identiche (Figura C.12 e Figura C15) la trasmittanza termica lineica è data da:

$$\Psi = 0{,}2 \cdot U \cdot s \qquad (C.7)$$

dove:

s è lo spessore comune alle due pareti, [m];

U è la trasmittanza unitaria della parete [W/m2K].

Se le due pareti, pur essendo diverse si compenetrano, la trasmittanza termica lineica è fornita dalla:

$$\Psi = 0{,}2 \cdot U_m \cdot s_m \qquad (C.8)$$

dove:

sm è lo spessore medio delle due pareti, [m];

Um è la trasmittanza unitaria media delle due pareti [W/m2K].

Se le due pareti sono diverse e una di esse forma lo spigolo (Figura C.13, Figura C.16, Figura C.17) la trasmittanza termica lineica è data da:

$$\Psi = \frac{0{,}2 \cdot s_m}{0{,}2 + R_2 \cdot \frac{s_1}{s_2}} \qquad (C.9)$$

dove:

sm è lo spessore medio delle due pareti, [m];

s1,s2 sono gli spessori rispettivamente delle pareti 1 e 2, [m];

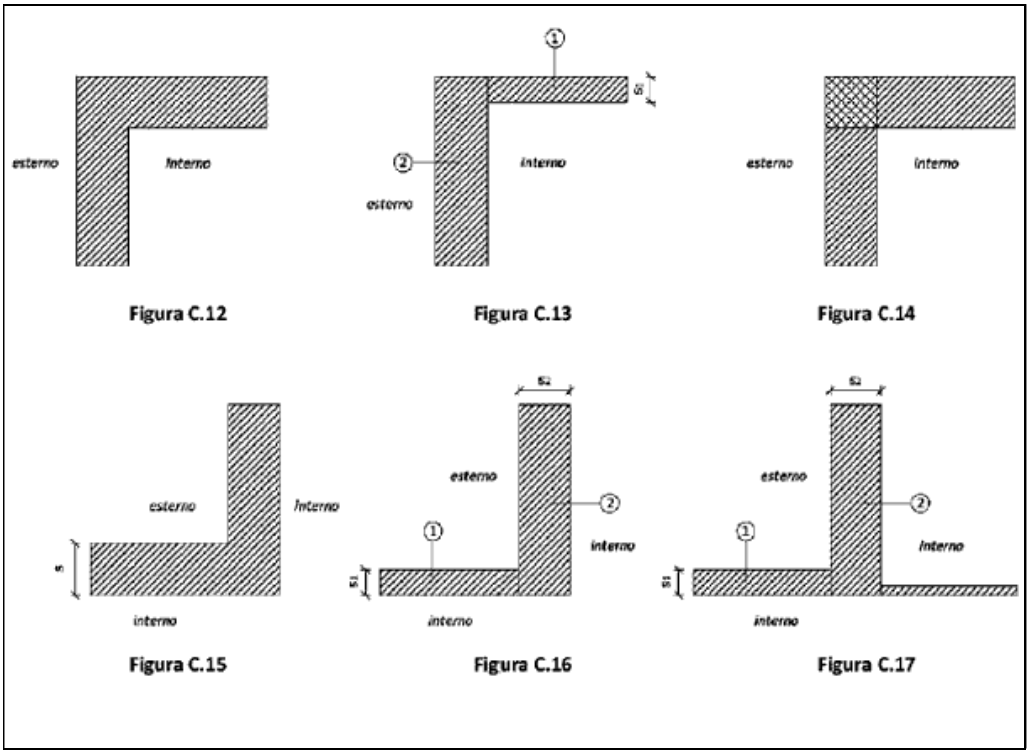
R2 è la resistenza termica della parete che forma lo spigolo (riferimento 2 sulle figure), [m2KW].

Se lo spigolo è formato da un pilastro in calcestruzzo si ha:

$$\Psi = 0{,}45 \cdot s_m \qquad (C.10)$$

dove:

sm è lo spessore medio delle due pareti, [m].



C.1.2.2 Due pareti con isolamento termico esterno se si tratta di uno spigolo sporgente o con isolamento termico interno se si tratta di uno spigolo rientrante

Se le due pareti sono identiche la trasmittanza termica lineica è fornita dalla relazione:

$$\Psi = 0{,}6 \cdot U \cdot s \qquad (C.11)$$

dove:

s è lo spessore comune alle due pareti, [m];

U è la trasmittanza unitaria delle pareti [W/m2K].

Se le due pareti sono diverse si ha:

$$\Psi = 0{,}6 \cdot U_2 \cdot s_m \qquad (C.12)$$

dove:

sm è la media aritmetica degli spessori delle due pareti non comprensivi dell'isolamento termico, [m];

U2 è la trasmittanza unitaria della parete che forma lo spigolo (riferimento 2 sulle figure), [W/m2K].

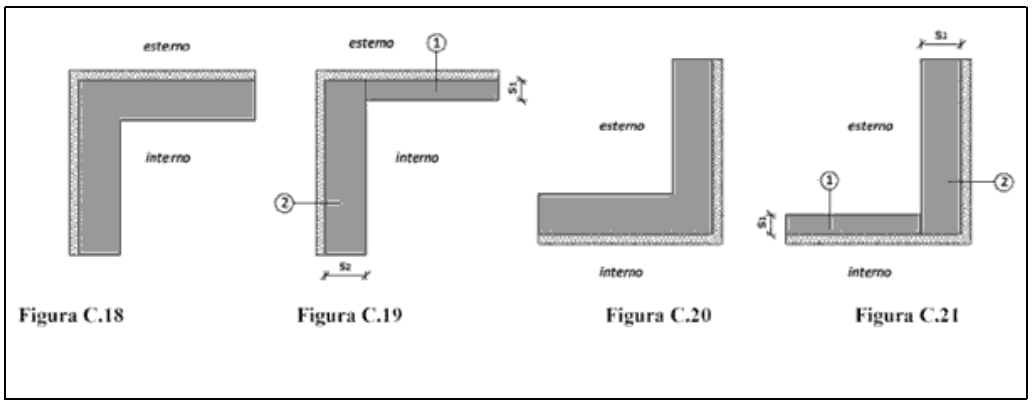


Figura C.18 Figura C.19 Figura C.20 Figura C.21

Nel caso di due pareti con isolamento termico interno se si tratta di uno spigolo sporgente o con isolamento termico esterno se si tratta di uno spigolo rientrante (Figura C.22 e Figura C.23), la tramittanza termica lineica si assume pari a zero.

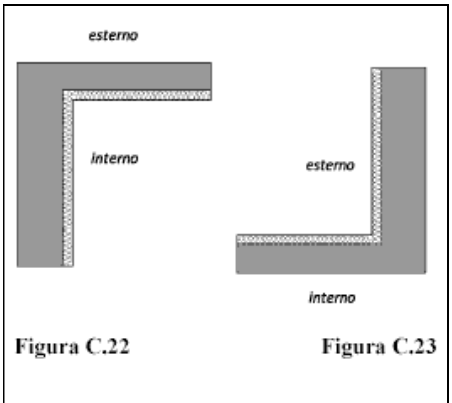


Figura C.22 Figura C.23

C. 1.2.3 Una parete con isolamento termico esterno se si tratta di uno spigolo sporgente o a isolamento termico interno se si tratta di uno spigolo rientrante, l'altra con isolamento interno o assente

Nei casi riportati in Figura C.24 e Figura C.27 la trasmittanza termica lineica è fornita dall'espressione:

$$\Psi = \frac{0,3 \cdot s_1}{0,06 + R_1 + R_2} \qquad (C.13)$$

dove:

s1 spessore della parete 1 non comprensivo di isolamento termico, [m];

R1 è la resistenza termica della porzione di parete 1 di spessore s1, [m2K/W];

R2 è la resistenza termica della porzione della parete 2, [m2KW].

Qualora lo spigolo si presentasse come indicato in Figura C.25 e Figura C.28 la (C. 11) assume la seguente forma:

$$\Psi = \frac{0,3 \cdot s_1}{0,06 + R_1 + R'_2} \qquad (C.14)$$

dove:

R'2 è la resistenza termica compresa tra il filo interno ed esterno della parete 2, in corrispondenza della parete 1, [m2K/W].

In presenza di spigoli come in Figura C.26 e Figura C.29 la trasmittanza termica lineica è data da:

$$\Psi = 0,6 \cdot U_1 \cdot s_m \qquad (C.15)$$

dove:

sm è la media aritmetica degli spessori delle due pareti non comprensivi dell'isolamento termico, [m];

U1è la trasmittanza unitaria della parete 1, [W/m2K].

Se la parete 2 e la porzione di spessore s1 della parete 1 si compenetrano, le relazioni (C.11), (C.12) e (C.13) si applicano ancora senza modifiche.

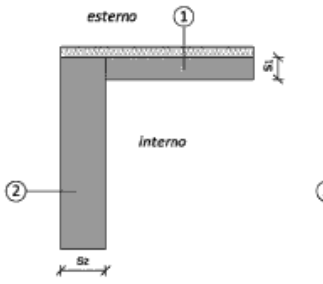


Figura C.24

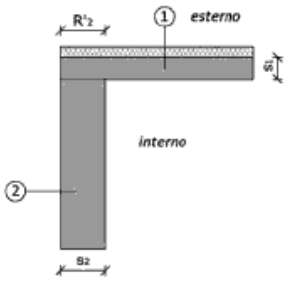


Figura C.25

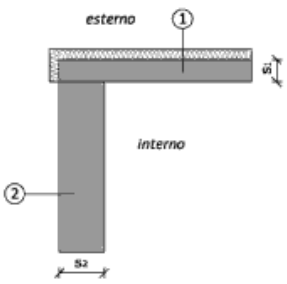


Figura C.26

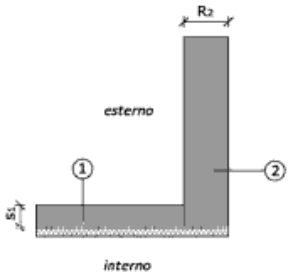


Figura C.27

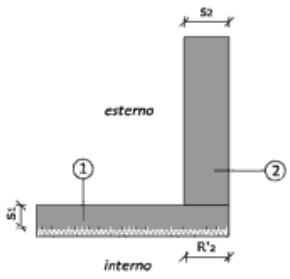


Figura C.28

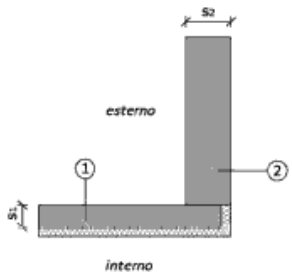


Figura C.29

C.1.2.4 Una parete a isolamento termico interno se si tratta di uno spigolo sporgente o a isolamento termico esterno se si tratta di uno spigolo rientrante, l'altra con isolamento interno o assente

Nei casi riportati in Figura C.30 e Figura C.32, la trasmittanza termica lineica è fornita dall'espressione:

$$\Psi = \frac{0{,}2 \cdot s_m}{R_1 + 0{,}2} \qquad (C.16)$$

dove:

sm è la media aritmetica degli spessori delle due pareti non comprensivi dell'isolamento termico, [m];

R1 è la resistenza termica della porzione di parete 1 di spessore s1, [m2K/W].

In presenza di spigoli come in Figura C.30 e Figura C.33, la trasmittanza termica lineica è data da:

$$\Psi = 0{,}2 \cdot U_2 \cdot s_m \qquad (C.17)$$

dove:

sm è la media aritmetica degli spessori delle due pareti non comprensivi dell'isolamento termico, [m];

U2 è la trasmittanza unitaria della parete 2, [W/m2K].

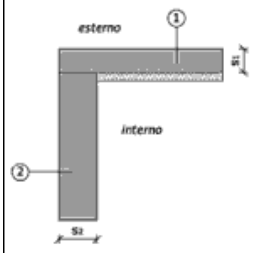


Figura C.30

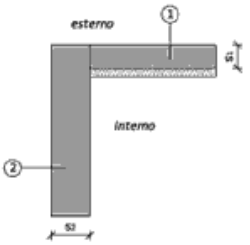


Figura C.31

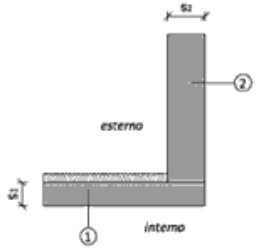


Figura C.32

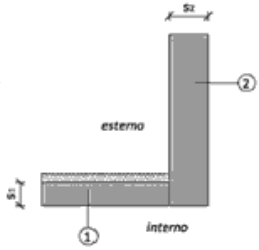


Figura C.33

C.1.2.5 Una parete a isolamento termico esterno, l'altra a isolamento interno

La trasmittanza termica lineica varia in funzione delle configurazioni che si possono presentare:

isolamento termico esterno continuo fino a filo esterno della parete ad isolamento interno (Figura C.34 e Figura C.36):

$$\Psi = \frac{0{,}3 \cdot s_1 \cdot (1+h)}{0{,}06 + R_1 + R'_2} \qquad (C.18)$$

isolamento termico interrotto in corrispondenza del filo interno della parete ad isolamento interno (Figura C.35 e Figura C.37):

$$\Psi = \frac{0{,}3 \cdot s_1 \cdot (1+h)}{0{,}06 + 0{,}5 \cdot R_1 + R'_2} \qquad (C.19)$$

dove:

s1 è lo spessore della parete 1 non comprensivo di isolamento termico, [m];

R1 è la resistenza termica della porzione di parete 1 non isolata, [m2K/W].

R'2 è la resistenza termica compresa tra il filo interno ed esterno della parete 2, in corrispondenza della parete 1, [m2K/W];

h è un coefficiente riportato nel Prospetto C1 in funzione della resistenza termica dell'isolamento e della trasmittanza termica della parete 2, [m].

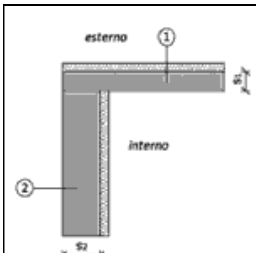


Figura C.34

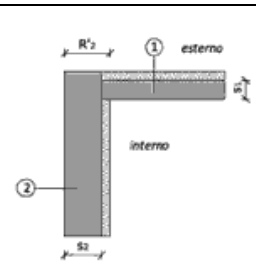


Figura C.35

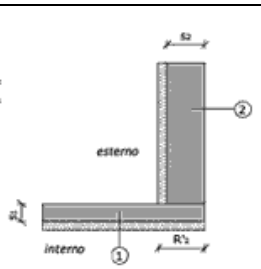


Figura C.36

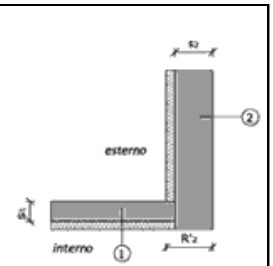


Figura C.37

C.1.3 Giunto tra una parete esterna e una interna

Di seguito vengono fornite relazioni valide per le pareti divisorie e i solai di piano, sia che sporgano o meno dall'esterno. Per i tramezzi con uno spessore inferiore a 9 cm, il valore della trasmittanza termica lineica è assunto paria zero, a meno che non si verifichi un'interruzione dell'isolamento termico. In generale la trasmittanza termica lineare è fornita dalle seguenti espressioni:

$$\Psi = 0{,}4 \cdot U_f \cdot s_i \cdot (1+h) \qquad (C.20)$$

dove:

si è lo spessore della parete interna, [m];

Uf è la trasmittanza unitaria della parete fittizia posta in corrispondenza della parete interna e limitata dal filo interno ed esterno della parete esterna, [W/m2K].

h è un coefficiente riportato nel Prospetto C1 in funzione della resistenza termica dell'isolamento e della trasmittanza termica della parete 2.

La trasmittanza termica unitaria della parete fittizia è data da:

$$\frac{1}{U_f} = R + r_s \qquad (C.21)$$

dove:

R è la resistenza termica della parete fittizia, indipendente dall'eventuale sporgenza della parte interna verso l'esterno, [m2K/W];

rs è una resistenza termica addizionale il cui valore è riportato nei paragrafi successivi, [m2K/W].

C.1.3.1 Parete esterna con isolamento termico interno o assente

Il valore di h si assume pari a zero.

Il valore di rs si assume, in linea generale, pari a 0,15 m2K/W. Se ciascuna parete interna è rivestita di materiale isolante con resistenza termica superiore a 0,30 m2K/W, si assume un valore di rs pari a 0,25 m2K/W. Se la parete esterna è una facciata leggera, si possono presentare i seguenti casi:

- la sporgenza esterna della parete è rivestita sulle tre superfici facciali di materiale isolante con resistenza termica almeno pari a 0,50 m2K/W (Figura C.38): rs è funzione della resistenza termica di tale isolante e della lunghezza della sporgenza D (si rimanda al Prospetto C.2);

- la parete interna è parzialmente rivestita sulle due superfici facciali (all'esterno o all'interno) di materiale isolante di resistenza termica almeno pari a 0,50 m2K/W (Figura C.39 e Figura C.40): rs è funzione della resistenza termica di tale isolante e della sua lunghezza L (si rimanda al Prospetto C.3).

NOTA: se negli ultimi due casi, la parete interna ha la sua parte sporgente all'esterno isolata ed è totalmente

rivestita all'interno di isolante di resistenza termica minore o uguale 0,30 m2K/W, il valore di rs si ottiene aggiungendo 0,10 m2K/W al valore riportato nel Prospetto C.2 e nel Prospetto C.3.

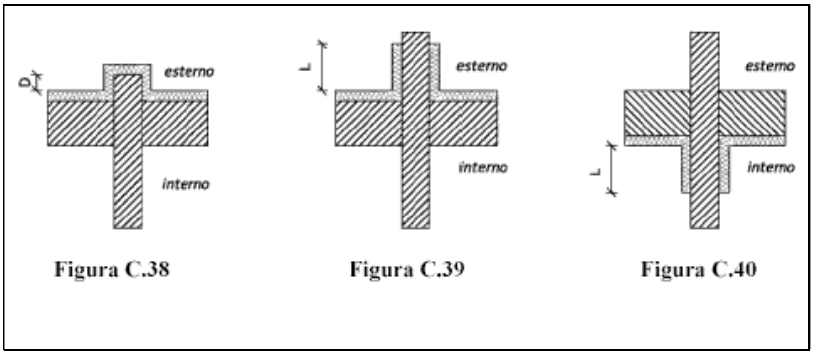


Figura C.38 Figura C.39 Figura C.40

C.1.3.2 Parete esterna con isolamento termico esterno

Il valore di h è in funzione della resistenza termica dell'isolamento esterno e della trasmittanza termica unitaria della parete esterna; il suo valore è nullo se l'isolamento è continuo in corrispondenza della parete interna, per gli altri casi è riportato nel Prospetto C.1.

Per la determinazione dei valori di rs si distinguono i seguenti casi:

- la sporgenza della parete interna non è isolata (Figura C.41 e Figura C.42) o l'isolamento della parte esterna è continuo in corrispondenza della parete interna (Figura C.43): rs pari a 0,15 m2K/W;

- la sporgenza esterna della parete interna è rivestita, sulle tre superfici facciali di materiale isolante di resistenza termica inferiore o uguale a 0,50 m2K/W (Figura C.44): rs è funzione della resistenza termica di tale isolante e della lunghezza della sporgenza D (si rimanda al Prospetto C.2);

- la sporgenza esterna della parete interna è parzialmente rivestita su due superfici facciali di materiale isolante di resistenza termica inferiore o uguale a 0,50 m2K/W (Figura C.45): rs è funzione della resistenza termica di tale isolante e della sua lunghezza L (si rimanda al Prospetto C.3).

Un rivestimento isolante posto sulla parete interna nei due locali (Figura C.46) non modifica questi valori.

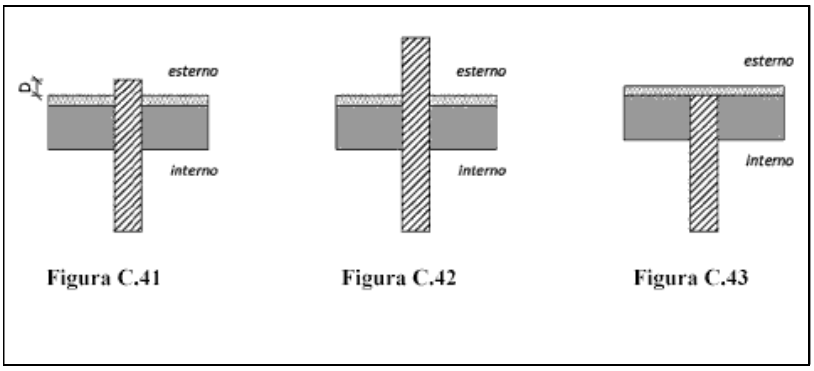


Figura C.41 Figura C.42 Figura C.43

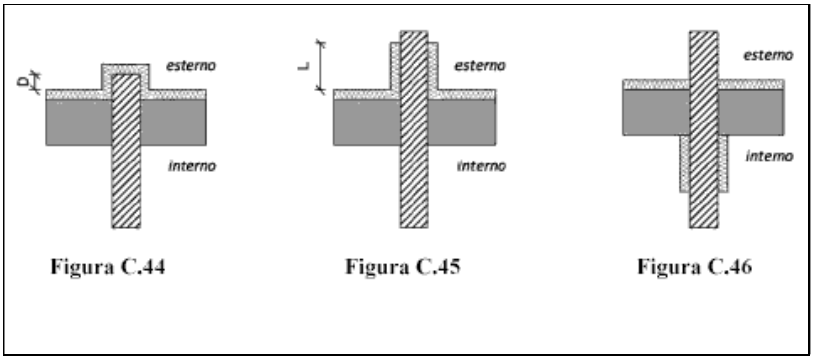


Figura C.44 Figura C.45 Figura C.46

C.1.3.3 Parete esterna con isolamento termico interno

Il valore di h è in funzione della resistenza termica dell'isolamento interno e della trasmittanza termica unitaria della parete esterna; il suo valore è riportato nel Prospetto C.1.

Per la determinazione dei valori di rs si distinguono i seguenti casi:

- se la parte interna della parete interna non è termicamente isolata (Figure da C.47 a C.51), o è isolata soltanto su una superficie oppure ha le due superfici rivestite di isolante di resistenza termica minore di 0,30 m2K/W, rs è assunto pari a 0,15 m2K/W;

- se la parte interna della parete interna ha le due superfici totalmente rivestite di isolante di resistenza termica almeno pari a 0,30 m2K/W, rs è assunto pari a 0,25 m2K/W;

- se la parte interna della parete interna ha le superfici totalmente o parzialmente rivestite di materiale isolante di resistenza inferiore o uguale a 0,50 m2K/W (Figura C.52), rs è funzione della resistenza termica di tale isolante e della sua lunghezza; il suo valore è riportato nel Prospetto C.3.

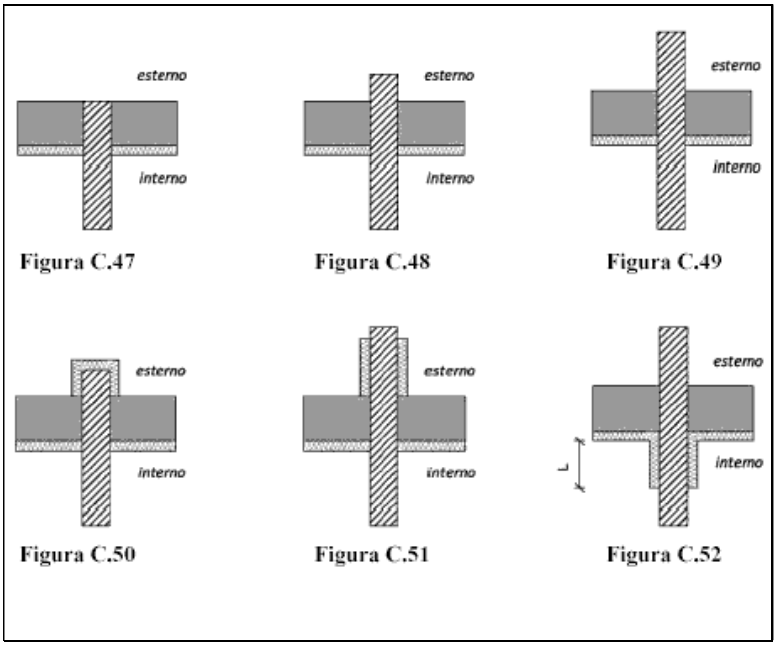


Figura C.47 Figura C.48 Figura C.49

Figura C.50 Figura C.51 Figura C.52

Trasmittanza unitaria della parete esterna	Resistenza termica dell'isolamento esterno o dell'isolamento interno [m2K/W]

[W/m2K]	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
	h										
1,50	0,31	0,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,30	0,15	0,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,20	0,07	0,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,00	0,00	0,32	0,60	-	-	-	-	-	-	-	-
0,90	0,00	0,19	0,60	-	-	-	-	-	-	-	-
0,80	0,00	0,07	0,41	0,60	-	-	-	-	-	-	-
0,70	0,00	0,00	0,23	0,56	0,60	-	-	-	-	-	-
0,60	0,00	0,00	0,07	0,32	0,60	0,60	-	-	-	-	-
0,50	0,00	0,00	0,00	0,11	0,32	0,56	0,60	-	-	-	-
0,45	0,00	0,00	0,00	0,02	0,19	0,38	0,60	-	-	-	-
0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,23	0,41	0,60	0,60	-	-
0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,23	0,38	0,56	0,60	-
0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,29	0,32	0,46	0,60

Prospetto C.1 - Valori di h

Resistenza termica dell'isolamento esterno	Lunghezza della sporgenza D [m]

[m2k/W]	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25
0,50	0,44	0,37	0,33	0,30	0,28
0,75	0,57	0,47	0,40	0,36	0,33
1,00	0,71	0,57	0,48	0,43	0,39
1,25	0,84	0,67	0,56	0,49	0,44
1,50	0,98	0,77	0,64	0,56	0,50
1,75	1,11	0,87	0,71	0,62	0,55
2,00	1,25	0,97	0,79	0,69	0,61
2,50	1,52	1,17	0,94	0,82	0,72
3,00	1,79	1,37	1,10	0,95	0,83

Prospetto C.2 - Valori di rs per parete interna sporgente all'esterno ed isolata sulle tre facce

Resistenza termica dell'isolamento esterno o interno [m2k/W]	Lunghezza della sporgenza L [m]				
	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60
0,50	0,24	0,25	0,25	0,25	0,26
0,75	0,25	0,26	0,26	0,26	0,27
1,00	0,26	0,26	0,26	0,26	0,27
1,25	0,27	0,27	0,28	0,29	0,29

1,50	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31
1,75	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32
2,00	0,29	0,30	0,31	0,32	0,33
2,50	0,30	0,32	0,33	0,35	0,36
3,00	0,32	0,34	0,36	0,37	0,38

Prospetto C.3 - Valori di rs per parete interna parzialmente isolata sulle due facce all'interno o all'esterno del locale

---

Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici

Allegato 1/55

Appendice D - Calcolo della capacità termica areica dell'involucro

D.1 SUPERFICI DA CONSIDERARE NEL CALCOLO

I componenti dell'involucro edilizio che concorrono a definire la capacità termica complessiva sono i seguenti:

- per la zona priva di elementi interni di separazione: gli elementi di involucro che delimitano la zona;

- per la zona costituita da più unità mantenute alla stessa temperatura ma separate tra di loro da un involucro edilizio (partizioni verticali interne, solai): gli elementi di involucro interni orizzontali e verticali ed elementi che delimitano la zona da quelle adiacenti o dall'esterno.

In quest'ultimo caso, data la loro scarsa incidenza, le pareti verticali interne di separazione possono non essere considerate nel calcolo.

I solai devono essere invece considerati sia come elementi di soffitto per il piano inferiore ed elementi di pavimento per il piano superiore.

D.1.1 Capacità termica dell'involucro edilizio

La capacità termica dell'insieme di componenti che delimitano un ambiente climatizzato o a temperatura controllata, espressa in [kJ/K], è data da:

$$C = \frac{\sum_{j=1}^{n} (A \cdot C')_j}{1000} \qquad (D.1)$$

dove:

n è il numero dei componenti edilizi presenti (pareti esterne, divisori interni e solai di separazione);

A è la superficie netta di ciascun componente, [m2];

C è la capacità termica areica per unità di superficie di ciascun componente, [J/m2K].

La capacità termica areica di ciascun componente j è data da:

$$C'_j = m_j \cdot c_j \qquad (D.2)$$

dove:

m è la massa termica areica del componente, [kg/m2];

c è la capacità termica massica del materiale costituente il componente, [J/kgK].

Nell'ipotesi di componente costituito da più materiali si considera la capacità termica massica del materiale rivolto verso l'ambiente interno.

La capacità termica per unità di superficie è data da:

$$C_m = \frac{\sum_{j=1}^{n} (A \cdot C')_j}{\sum_{j=1}^{n} (A)_j} \cdot 10^{-3} \qquad (D.3)$$

D.1.1.1 Pareti esterne non isolate

La capacità termica areica per pareti esterne non isolate (parete che non presenta strati di isolamento concentrati: materiali con conduttività termica λ < 0,05 W/mK) si calcola come valore minimo tra le due quantità:

a) $$C = \sum_{j=1}^{m} (c \cdot \rho \cdot s)_j$$

capacità fisica areica, calcolata come somma estesa a tutti gli m strati della parete del prodotto della capacità specifica massica per la massa volumica per lo spessore s dello strato).

b) $C = c \cdot \rho \cdot d$

dove:

c è la capacità termica massica del materiale costituente il componente, [J/kgK];

ρ è la massa volumica del primo strato (ad esclusione dell'intonaco) rivolto verso l'ambiente interno, [kg/m3];

d è lo spessore efficace termico espresso in [m] dato da:

$$d = 3{,}71\sqrt{\frac{\lambda}{\rho}} \qquad (D.4)$$

λ è la conducibilità termica dello strato rivolto verso l'ambiente interno (ad esclusione dell'intonaco), [W/mK];

ρ è la massa volumica del primo strato (ad esclusione dell'intonaco) rivolto verso l'ambiente interno, [kg/m3].

Nel caso in cui lo spessore termico efficace calcolato con l'equazione (D.4) risulti maggiore dello spessore del primo strato, la differenza tra lo spessore termico efficace e lo spessore del primo strato, s1, sia un parte significativa dello spessore dello strato successivo, s2, e le masse volumiche dei due strati siano sufficientemente diverse, la massa volumica che deve essere utilizzata per il calcolo della capacità termica areica è data da:

$$\rho = \frac{s_1}{d}\cdot\rho_1 + \frac{d - s_1}{d}\cdot\rho_2 \qquad (D.5)$$

$$c = \frac{s_1}{d}\cdot c_1 + \frac{d - s_1}{d}\cdot c_2 \qquad (D.6)$$

D.1.1.2 Pareti esterne isolate

La capacità termica areica per pareti esterne isolate (la parete presenta al suo interno strati di materiali isolante con λ <0.05 W/mK) si calcola come il valore minimo tra le due quantità:

a) $C = \sum_{j=1}^{is} (c \cdot \rho \cdot s)_j$

massa fisica degli strati compresi tra l'aria interna e lo strato di isolante, is;

b) $C = c \cdot \rho \cdot d$

Se la parete è composta da più strati di materiali diversi il calcolo dello spessore efficace termico si fa per il materiale del primo strato rivolto verso l'interno ad esclusione del materiale di rivestimento, e la massa volumica da considerare è quella relativa al materiale utilizzato per il calcolo dello spessore efficace termico, con l'eccezione di cui al punto D. 1.1.1.

Se la parete presenta uno o più strati superficiali interni dotati di una resistenza termica (calcolata come rapporto tra lo spessore dello strato e la conduttività termica del materiale) compresa tra 0,4 e 1 m2K/W, la capacità termica del componente si calcola come segue:

$$C_j' = \sqrt{\left(\frac{C''^2}{1+\omega^2 R^2 C''^2}\right)_j} \qquad (D.7)$$

dove:

C" è la capacità termica del componente calcolata non considerando lo strato superficiale interno resistivo, [J/m2K];

R è la resistenza termica dello strato resistivo, [m2K/W];

ω è pari a 7,2685x10-5 [1/s].

Uno strato interno con resistenza superiore a 1 m2K/W nel calcolo della massa termica annulla il contributo degli strati successivi; uno strato interno con resistenza inferiore a 0,4 m2K/W nel calcolo della massa è considerato come uno strato di rivestimento e quindi si trascura se il suo spessore risulta pari o minore di 2 cm.

D.1.1.3 Pareti divisorie interne e solai

La capacità termica areica per pareti divisorie interne e solai, nel caso in cui la parete non presenta strati di isolamento concentrati (materiali con conduttività termica X < 0,05 W/mK), si calcola come valore minimo tra le due quantità:

a) $$C = \frac{1}{2}\sum_{j=1}^{n}(c \cdot \rho \cdot s)_j$$

capacità termica pari alla metà della capacità fisica;

b) C = c · ρ · d

Se la parete presenta strati di materiali isolante (X < 0,05 W/mK) il valore della massa termica si calcola come il valore minimo tra le due quantità:

a) $$C = \sum_{j=1}^{is}(c \cdot \rho \cdot s)_j$$

capacità termica fisica degli strati di parete compresi tra l'aria interna e lo strato di isolante, is;

b) C = c · ρ · d

Se la parete è composta di più strati con materiali diversi il calcolo dello spessore efficace termico si fa considerando il materiale del primo strato rivolto verso l'interno ad esclusione del materiale di rivestimento; mentre la massa volumica da considerare è quella relativa al materiale utilizzato per il calcolo dello spessore efficace termico, con l'eccezione di cui al punto D. 1.1.1.

Se la parete presenta strati superficiali interni dotati di una resistenza termica (calcolata come rapporto tra la conduttività termica del materiale e lo spessore dello strato) compresa tra 0,4 e 1 m2K/W, la capacità termica del componente si calcola come al punto D. 1.1.2 utilizzando l'equazione (D.7).